

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

N° 30

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

ANNÉE 1906-1907

ÉPURATION BIOLOGIQUE INTENSIVE DES EAUX RÉSIDUAIRES

Etude et applications du procédé dit « Septic Tank »
avec fosse septique automatique et lits bactériens

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

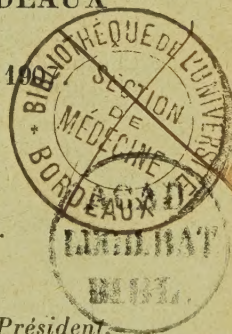
Mention « PHARMACIE »

présentée et soutenue publiquement le 15 janvier 1907

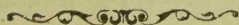
PAR

François-Etienne-Jean BEAUCHER

Pharmacien principal de la marine en retraite
Chevalier de la Légion d'honneur
né à la Ville-ès-Nonais (Ille-et-Vilaine), le 28 novembre 1852.



Examineurs de la thèse { MM. SIGALAS, professeur.... Président.
BLAREZ, professeur.... }
BARTHE, agrégé..... } Juges.
BEILLE, agrégé..... }



PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1907

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

M. PITRES.... Doyen.

| M. DE NABIAS.... Doyen honoraire.

PROFESSEURS

MM. MICÉ.....
 DUPUY.....
 FIGUIER.....
 MASSE..... } Professeurs honoraires.

MM.

MM.

Clinique interne.....	{ PICOT. PITRES.	Médecine légale.....	N...
Clinique externe.....	{ DEMONS. LANELONGUE.	Physique biologique et électricité médicale...	BERGONIE.
Pathologie et théra- peutique générales.	{ VERGELY (en congé). MONGO UR	Chimie.....	BLAREZ.
Thérapeutique.....	{ ARNOZAN. (chargé du cours)	Histoire naturelle.....	GUILLAUD.
Médecine opératoire..	N.	Pharmacie.....	DUPOUY.
Clinique d'accouchements	LEFOUR.	Matière médicale.....	DE NABIAS.
Anatomie pathologique	COYNE.	Médecine expérimentale.	FERRÉ.
Anatomie.....	CANNIEU.	Clinique ophtalmologique	BADAL.
Anatomie générale et histologie.....	VIAULT.	Clinique des maladies chi- rurgicales des enfants...	DENUCE.
Physiologie.....	JOLYET.	Clinique gynécologique..	BOUSSIER.
Hygiène.....	LAYET.	Clinique médicale des maladies des enfants.	MOUSSOUS.
		Chimie biologique.....	DENIGES.
		Physique pharmaceutique.	SIGALAS.
		Pathologie exotique.....	LE DANTEC

PROFESSEURS-ADJOINTS

Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	MM. DUBREUILH..
Clinique des maladies des voies urinaires.....	POUSSON.
Clinique des maladies du larynx, des oreilles et du nez.....	MOURE.
Clinique des maladies mentales.....	REGIS.

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

SECTION DE MÉDECINE (*Pathologie interne et Médecine légale*).

MM. HOBBS.
 MONGOUR.
 CABANNES.

MM. VERGER.
 ABADIE.

SECTION DE CHIRURGIE ET ACCOUCHEMENTS

Pathologie externe {	MM. CHAVANNAZ. BÉGOUIN. VENOT.	Accouchements {	MM. FIEUX. ANDÉRODIAS.
----------------------	--------------------------------------	-----------------	---------------------------

SECTION DES SCIENCES ANATOMIQUES ET PHYSIOLOGIQUES

Anatomie..... {	MM. GENTES. CAVALIÉ.	Physiologie.....	MM. GAUTRELET.
		Histoire naturelle..	BEILLE.

SECTION DES SCIENCES PHYSIQUES

Chimie.....	M. BENECH.	Pharmacie.....	M. BARTHE.
-------------	------------	----------------	------------

COURS COMPLÉMENTAIRES :

Pathologie interne.....	RONDOT.
Accouchements.....	ANDÉRODIAS.
Physiologie.....	GAUTRELET.
Ophtalmologie.....	LAGRANGE.
Hydrologie et minéralogie.....	BEILLE.

Le Secrétaire de la Faculté : LEMAIRE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

N° 30

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

ANNÉE 1906-1907

ÉPURATION BIOLOGIQUE INTENSIVE DES EAUX RÉSIDUAIRES

Etude et applications du procédé dit « Septic Tank »
avec fosse septique automatique et lits bactériens

THÈSE

POUR LE

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

Mention « PHARMACIE »

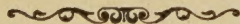
présentée et soutenue publiquement le 15 janvier 1907.

PAR

François-Etienne-Jean BEAUCHER

Pharmacien principal de la marine en retraite
Chevalier de la Légion d'honneur
né à la Ville-ès-Nonais (Ille-et-Vilaine), le 28 novembre 1852.

Examineurs de la thèse { MM. SIGALAS, professeur.... *Président.*
BLAREZ, professeur..... }
BARTHE, agrégé..... } *Juges.*
BEILLE, agrégé..... }

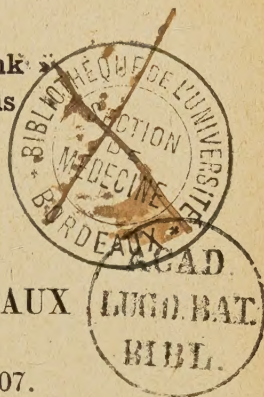


PARIS

VIGOT FRÈRES, ÉDITEURS

23, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 23

1907



A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE DOCTEUR SIGALAS

Professeur de Physique appliquée à la Pharmacie,
Assesseur du Doyen de la Faculté de Médecine
et de Pharmacie de Bordeaux,
Lauréat de l'Institut (Académie des Sciences),
Officier de l'Instruction publique.

DU MÊME AUTEUR

- Huiles de foie de morue médicinales aux îles Saint-Pierre et Miquelon** (*Archives de médecine navale*, 1878).
- Etude sur le beurre de Karité au Sénégal** (*Archives de médecine navale*, 1883).
- Étude sur les arbres à caoutchouc de la Sénégambie** : Mission spéciale au Sénégal dans le Oualo, le N'Guick, le N'Diambour, et le Diander (*Bulletin de la Société de géographie commerciale de Bordeaux*, juillet et août 1884).
- Charbon de Kébao (Tonkin)**, Hanoï, 1888.
- Composition de l'eau minérale de Thac-Tru (Annam)** (*Archives de médecine navale*, 1889).
- Bactériologie des selles dans la dysenterie nostras épidémique et dans la dysenterie des pays chauds. — Stérilité apparente du pus dans les abcès du foie** (En collaboration avec le Dr BERTRAND, inspecteur général du service de santé de la marine. (*Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*, octobre 1893 et avril 1894).
- Recherches chimiques et microbiologiques sur les altérations et la protection des métaux usuels en eau de mer. — Piqûres des carènes et corrosions des tubes de chaudières** (*Revue maritime et coloniale*, janvier 1895). Travail récompensé par l'Académie des Sciences en décembre 1895).
- Huitres et eaux d'égout** (*Petit Moniteur de la Pharmacie*).
- Traité pratique d'analyse chimique et microbienne des eaux d'alimentation** (En collaboration avec G. DOMMERGUE, expert-chimiste). Paris, 1898.
- Alcools et essences** (En collaboration avec J. ROUSSEL, docteur en pharmacie).
- Sur la désinfection par la formaldéhyde employée en pulvérisations.**
- Analyse chimique et bactériologique des eaux potables et minérales. — Épuration des eaux. — Législation.** Paris — (1904), Vigot frères, éditeurs.
- Recueil de notes de pharmacie, hygiène et chimie industrielle** (Décembre 1905).

INTRODUCTION

Mes recherches déjà anciennes (1) sur la solubilisation ammoniacale et l'oxydation nitrique des matières organiques en bassins fermés recevant des eaux d'égout, m'ont conduit naturellement à choisir, comme sujet de thèse, l'intéressante question de l'épuration biologique des eaux résiduaires, qui préoccupe en ce moment beaucoup d'hygiénistes et de municipalités, en quête des moyens les plus pratiques pour assurer la protection des cours d'eau et des nappes aquifères, ou réaliser les diverses mesures d'assainissement prescrites par la loi sanitaire du 15 février 1902.

Pour mener à bien ce travail en y apportant ma contribution personnelle, il me fallait rencontrer une installation modèle se rapprochant comme fonctionnement du service courant, et la possibilité de pouvoir y prélever, à diverses périodes, des échantillons d'une authenticité indiscutable.

Une usine de démonstration par traitement bactérien établie à Clichy depuis 1902 par une Société d'épuration, à la suite d'un vote du Conseil municipal de Paris, approuvé par le préfet du département de la Seine (2) en date du 22 novembre

1. *Revue maritime et coloniale*, janvier 1895.

2. L'approbation préfectorale est intervenue à la suite de l'avis favorable émis par le Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, à la suite d'un rapport très documenté de M. le professeur Hanriot, membre de l'Académie de Médecine, appuyé par M. Bechmann, alors chef du Service technique de l'assainissement de la ville de Paris. (Voir compte rendu des séances du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, publié sous la direction du Préfet de police, n° 2, janvier 1902.)

Voir également : *Bulletin municipal officiel de la ville de Paris*, n° du 26 oc-

1901, m'a fourni tous les éléments indispensables pour l'étude chimique et bactériologique du procédé « Septic Tank »; et cela en opérant dans les conditions les plus voisines de la réalité.

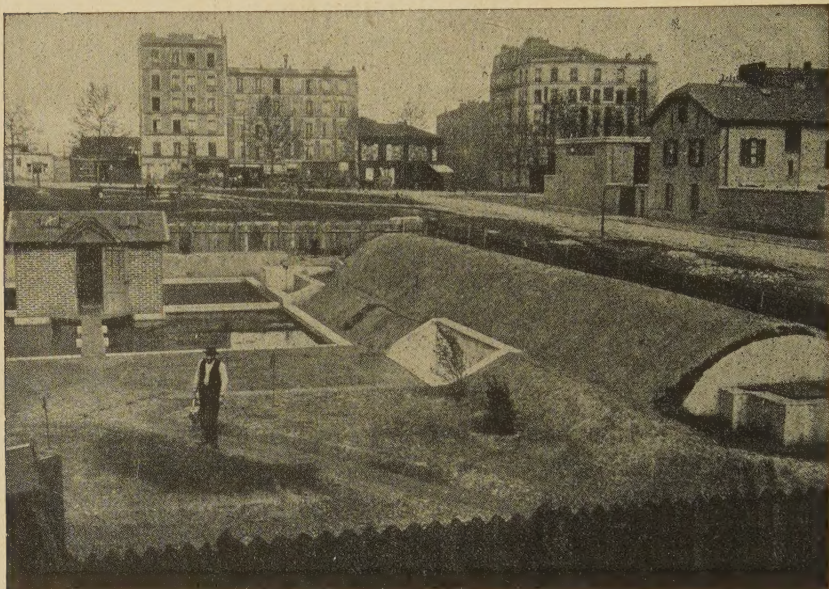


FIG. 1. — Installation de Clichy-sur-Seine.

Cette usine reçoit les eaux moyennement chargées et en quantité correspondante à celle fournie par une petite ville d'environ 4.000 habitants. Elle est branchée sur le collecteur central de la rive droite de Paris, dans le voisinage immédiat de la grande usine municipale parisienne pour élévation et distribution des eaux d'égout aux champs d'épandage, et avant l'arrivée dans le bassin de décantation de la Ville; c'est-à-dire qu'elle contient bien la totalité des matières en suspension et en dissolution dans l'eau d'égout de Paris.

tobre 1906, page 3510. Nouveau rapport Hanriot proposant de continuer l'autorisation accordée à l'installation de Clichy, qui constitue un véritable appareil de démonstration. Conclusions adoptées.

C'est donc pour moi un devoir agréable de pouvoir remercier ici son directeur, M. Bezault, ingénieur sanitaire, pour les grandes facilités qu'il m'a accordées en m'autorisant en outre à citer largement ses récentes communications à diverses sociétés savantes (1) qui ont si vivement intéressé tous ceux qui s'occupent d'hygiène pratique, et dans lesquelles il a fait preuve de connaissances très approfondies de la question.

M. Bezault qui s'est depuis longtemps spécialisé dans l'application du traitement bactérien à l'épuration des eaux d'égout est l'auteur de la première installation d'épuration bactérienne exécutée en France en 1899, à Varengeville, près Dieppe. Il partage donc bien avec MM. Bechmann et Launay, anciens ingénieurs des Services d'assainissement de la Seine, le mérite d'avoir fait connaître et propagé en France, les méthodes d'épuration bactérienne (2).

Enfin, il y a lieu de signaler également les recherches entreprises sous la direction du Dr Calmette, à la station expérimentale de La Madeleine, près Lille, depuis le 4 juillet 1904, pour arriver à préciser les conditions d'application des différents systèmes d'épuration biologique proposés jusqu'ici. Les premiers résultats qui ont donné lieu en 1906 à des discussions intéressantes à la Société de Médecine publique, ont été publiés l'an dernier sous le Patronage du Ministère de l'Instruction publique (3). Ces recherches dont l'intérêt n'est pas contestable, seront appréciées plus loin.

1. Société d'Encouragement, *Bulletin* du 31 mai 1906 ; Société de Médecine publique et de Génie sanitaire : *Revue d'Hygiène*, juin et septembre 1906.

2. Launay. *Rapport officiel de mission en Angleterre*, Paris, 1901.

3. Masson, éditeur, 1905.

HISTORIQUE

L'épuration biologique intensive des eaux résiduaires, encore peu répandue en France, est surtout utilisée en Angleterre, où elle a pris naissance vers 1895.

Avec leur sens pratique de l'hygiène, nos voisins d'Outre-Manche ont adopté de suite un procédé qui leur donne économiquement sur un espace restreint et en toute saison, une eau imputrescible et acceptable dans les cours d'eau d'un certain débit, sans en augmenter la pollution. La loi anglaise qui interdit de déverser dans les cours d'eau les eaux d'égout qui n'auraient pas été préalablement épurées, remonte à l'année 1865; l'épuration consistait alors à répandre les eaux usées sur le sol.

Chez nous, l'épuration bactérienne devait marcher beaucoup moins vite pour diverses causes qu'il est bon d'énumérer succinctement : d'abord les réseaux d'égouts collectant les eaux vannes des villes sont très incomplets et établis surtout pour recevoir les eaux pluviales et d'arrosage des rues, quelquefois les eaux ménagères, et presque jamais les produits des cabinets d'aisances ne sont envoyés à l'égout.

D'autre part, si les municipalités, les industriels et les propriétaires se sont désintéressés jusqu'ici de l'épuration des déchets de la vie, cela tient à ce que l'on ne leur a pas proposé de procédés véritablement pratiques.

Pour les eaux d'égout des villes, on a surtout préconisé jusqu'à présent l'épandage par irrigation sur le sol, dont on connaît bien aujourd'hui les avantages, mais aussi les nombreux inconvénients.

Quand toutes les conditions indispensables à un bon fonctionnement se trouvent réunies, telles que : grande surface de sol poreux et sablonneux et absence de pluies abondantes, les champs d'épandage donnent une épuration presque intégrale, qui ne sera probablement jamais atteinte par un procédé bactérien intensif ; mais si l'on tient compte du prix de revient, d'entretien, de la possibilité de contaminer les nappes d'eau environnantes, des multiples inconvénients qui résultent d'un pareil voisinage : émanations désagréables, pullulation des mouches, moustiques, ascarides, etc., et surtout de l'obligation dans laquelle on se trouve dans les hivers pluvieux, d'envoyer au fleuve voisin, sans aucune épuration sensible, une grande partie des eaux d'égout ; on voit que ce procédé sur lequel on ne peut compter, n'est plus à recommander aujourd'hui, puisqu'il peut être remplacé par un autre beaucoup plus pratique, plus sûr et plus économique, applicable partout et donnant en toute saison, une eau suffisamment épurée pour être répandue sur tous les sols ou déversée dans toutes les rivières.

Si l'on tient compte de la permanence de l'épuration bactérienne intensive et de l'irrégularité de celle provenant des champs d'épandage, on arrive facilement à démontrer que le premier procédé donne une moyenne d'épuration beaucoup plus satisfaisante ; mais pour cela, il ne faut pas faire intervenir seulement les résultats analytiques de l'eau épurée sortant des drains, et il y a lieu de tenir également compte de la composition de l'eau provenant des déversements, qui arrive au fleuve à peu près à l'état d'eau d'égout brute.

La découverte de l'épuration intensive des eaux de vidange par les bactériacées, qu'on peut considérer comme l'exagération et la condensation des moyens employés par la nature pour arriver à la dégradation des résidus de la vie, n'est pas l'œuvre d'un seul observateur ; mais avant les découvertes pastoriennes, il était impossible de l'établir sur des bases scientifiques.

Il y a environ un siècle, le chimiste anglais Humphry Davy (1778-1829), en faisant passer lentement des eaux fortement

chargées de purin sur une couche de terre poreuse d'une certaine épaisseur, remarqua que l'eau en sortait à la base au bout de quelque temps limpide, inodore et imputrescible. Il ne pouvait en donner aucune explication satisfaisante et ne songea pas à en tirer des applications pratiques.

A une époque beaucoup plus rapprochée de nous, (1884) Schloesing et Müntz, en étudiant les terres nitrifiantes, démontrèrent la nature biologique du phénomène de la nitrification en établissant qu'il suffisait d'un chauffage à 100° ou d'une addition de chloroforme pour empêcher l'oxydation de l'ammoniaque.

Enfin les deux bactéries : *nitrosomonas* et *nitrobacter*, qui assurent le passage de l'azote ammoniacal à l'azote nitrique, furent découvertes et isolées à l'état de pureté par Winogradsky en 1890.

En 1892-1895, la question était donc bien connue dans ses grandes lignes, quand M. Dibdin, chimiste-conseil de la ville de Londres, eut l'idée de l'appliquer à l'épuration biologique intensive des eaux résiduaires.

Il fit d'abord des expériences à Barking sur les eaux de Londres, et fit ensuite exécuter à Sutton une installation comportant deux séries successives de bassins filtrants garnis de coke, machefer, sables et cassons de brique.

Cette installation donna d'abord d'assez bons résultats, mais les premiers filtres furent vite engorgés et colmatés par l'excès des matières organiques en suspension.

Le changement fréquent des matériaux filtrants constituait donc un obstacle très grand à l'extension du procédé, et les lits du contact de Dibdin « contact beds » en agissant directement et immédiatement sur les eaux d'égout ne pouvaient réussir sans solubilisation préalable des matières organiques.

Sur ces entrefaites, M. Donald Cameron, ingénieur de la ville d'Exeter, imagina de faire subir tout d'abord aux eaux d'égout l'action de la fermentation en vase clos pour les solubiliser avant de les écouler sur les lits de contact aérobie de Dibdin. Ainsi naquit la conception du réservoir que Cameron

nomma « Septic tank » ou fosse septique. Son brevet date du 2 mars 1897.

Les deux phases de l'épuration biologique : solubilisation et nitrification s'effectuaient ainsi séparément et dans des conditions très favorables. Tous les autres procédés bactériens dérivent de la combinaison Cameron-Dibdin, et n'en constituent généralement que des complications inutiles.

Quelques hygiénistes français prétendent faire remonter l'origine de la fosse septique Cameron à la vidangeuse automatique inventée en 1881 par M. Mouras, propriétaire à Vesoul; nous examinerons plus loin ce qu'il faut en penser.

Le procédé « Septic tank », qui a largement fait ses preuves un peu partout, est aujourd'hui adopté par un grand nombre de villes anglaises, dont Manchester, 600.000 habitants, Leicester, 210.000 habitants, Birmingham partiel, 100.000, Exeter, 50.000, etc., etc.

Tel est, en quelques lignes, l'historique de l'épuration biologique par fosse septique et lits bactériens de contact.

Dans l'exposé qui va suivre, je me suis appliqué dans la première partie de ce travail, à décrire le dispositif et le fonctionnement du procédé « Septic tank », c'est-à-dire à en faire l'étude physique et mécanique.

Dans la seconde partie, qui contient mes recherches personnelles, je me suis surtout efforcé d'établir les règles à adopter pour le contrôle scientifique du procédé, d'après la composition des eaux à épurer, en indiquant succinctement les méthodes d'analyses chimiques et bactériologiques qui me paraissent les plus pratiques pour atteindre rapidement ce but.

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE PHYSIQUE ET MÉCANIQUE DU PROCÉDÉ « SEPTIC TANK »

L'épuration biologique intensive des eaux d'égout ne donne de bons résultats qu'à la condition d'être bien réglée pour chaque cas particulier.

La connaissance du dispositif adopté et de son meilleur fonctionnement est donc tout d'abord indispensable.

D'une manière générale, on peut dire que ce procédé d'épuration comporte trois phases bien distinctes :

1° La décantation ou séparation des matières imputrescibles, minérales ou autres ;

2° La désagrégation et solubilisation des matières organiques par fermentation ;

3° L'oxydation ou nitrification des matières organiques solubilisées.

Pour assurer l'exécution de ces trois phases, toute installation doit donc comprendre :

- A. — Un bassin de décantation ;
- B. — Une fosse septique ;
- C. — Des lits bactériens filtrants ;
- D. — Des appareils de distribution automatique.

Bassin de décantation.

Le bassin de décantation est un réservoir étanche de dimen-

sions relativement réduites, dont le radier et les surfaces verticales intérieures peuvent être en pente.

Dans ce bassin il peut être également disposé une cloison séparative pour faciliter le dépôt des matières lourdes, et une grille à barreaux assez espacés pour arrêter les grosses matières flottantes.

Les liquides arrivent dans le bassin de décantation où le courant étant ralenti, les matières imputrescibles de densité généralement plus lourde que l'eau, sables, graviers, débris divers, tombent au fond. Les matières organiques flottantes restent à la surface et passent avec les liquides allant à la fosse septique.

Les matières lourdes et les grosses matières flottantes sont enlevées au fur et à mesure des besoins. Pour une installation traitant par exemple 100 mètres cubes d'eau d'égout par jour, de composition moyenne, elles atteindraient environ le poids de 30 kilogrammes, comprenant 10 kilogrammes de matières organiques et 20 kilogrammes de matières minérales.

Fosse septique Cameron.

La fosse septique ou « septic tank », qui constitue la partie la plus importante et la plus intéressante du système auquel elle a donné son nom, est une sorte de réservoir parfaitement étanche recouvert par une voûte en ciment avec épaisse couche de terre ensemencée de gazon pour maintenir la température aussi fixe que possible. Cette fosse est en communication avec l'air extérieur par des soupapes destinées à laisser échapper les gaz de la fermentation.

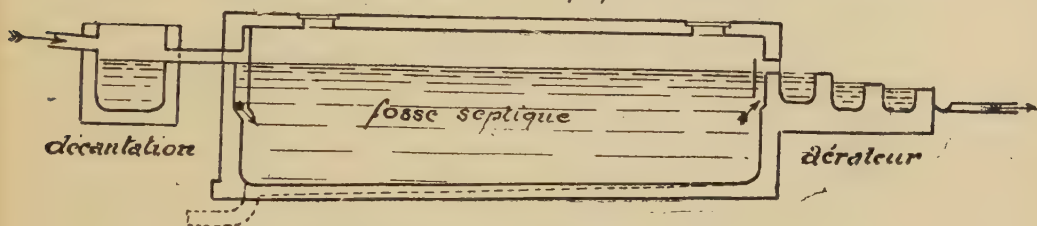
Il est préférable de donner la forme rectangulaire aux fosses septiques, sans pourtant l'allonger outre mesure. La hauteur utile pour les liquides varie en moyenne entre 2 et 3 mètres.

Du bassin de décantation, les eaux passent par trop plein dans la fosse septique, où elles sont introduites par des conduits débouchant à environ 0 m. 80 en dessous de la surface,

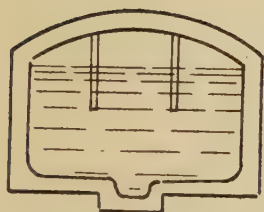
pour ne pas amener d'air et aussi pour ne pas occasionner de remous dans la masse en fermentation.

Il est bon de dire que le niveau des liquides dans la fosse doit être sensiblement constant, que la capacité de la fosse doit être calculée de manière qu'elle soit égale au volume moyen des eaux arrivant dans l'espace de vingt-quatre heures.

Fosse Septique "Septic-Tank" de Cameron ..
brevet N° 264570



Coupe longitudinale



Coupe transversale

FIG. 2. — Fosse Septique Cameron.

De cette façon, il est facile de se rendre compte que les eaux séjournent approximativement vingt-quatre heures dans la fosse septique.

Des expériences nombreuses ont démontré que le temps de vingt-quatre heures était celui qui correspondait le mieux pour le traitement des eaux de composition moyenne ; mais il est évident que le séjour dans la fosse septique doit varier avec la nature des eaux à épurer de leur degré de dilution.

Comme nous le verrons dans la seconde partie de cette étude

en exposant le travail de la fosse septique, la fermentation ne se produit pas suivant une marche régulière et uniforme pour des liquides différents.

Autant que possible, la fosse septique doit être recouverte pour empêcher l'action nuisible du vent, des pluies et des gelées. On obtient ainsi un travail beaucoup plus régulier, en supprimant odeurs, mouches, et en maintenant intact le chapeau microbien de surface avec son maximum d'activité. Les bénéfices qu'on en retire compensent largement les frais supplémentaires que la voûte en ciment peut occasionner.

A titre d'indications générales, nous dirons qu'une fosse septique de 50 mètres de long sur 7 mètres de large et 3 mètres de profondeur peut suffire à l'épuration des eaux résiduaires d'une ville de 10.000 habitants, fournissant en moyenne 1000 mètres cubes d'eau brute par jour à épurer.

Avant d'envoyer l'effluent de la fosse septique sur les lits bactériens, il est bon d'aérer les liquides en vue d'en faciliter l'oxydation ultérieure. Pour cela il suffit de leur faire subir une ou deux petites chutes en nappe fine sur une hauteur de 25 à 30 centimètres chacune. Dans cette chute, les eaux sont en contact intime avec l'oxygène de l'air et en absorbent une quantité très sensible.

Nous croyons intéressant de faire remarquer que la canalisation, grâce à sa longueur, sa température et à l'activité des bactéries qui en tapissent les parois, agit certainement comme fosse septique solubilisante.

Épuration domestique des eaux vannes par petites fosses septiques.

La question de l'évacuation des eaux ménagères et matières de cabinets d'aisances intéresse aussi toutes les agglomérations où l'on ne dispose pas généralement d'un réseau d'égouts, telles que : gares de chemins de fer, manufactures, écoles, hospices, châteaux, maisons ouvrières ou de rapport, arsenaux, casernes, etc.

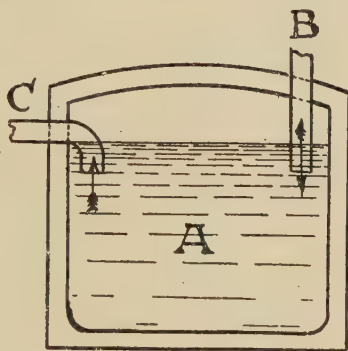
Pour arriver à diminuer l'infection par les latrines et supprimer les odeurs et les vidanges, on utilise aujourd'hui divers appareils connus sous le nom de petites fosses septiques. Nous décrirons succinctement : 1° La fosse Mouras primitive, et 2° la fosse septique Mouras perfectionnée par M. Bezault.

A. — Fosse Mouras primitive.

La fosse, ou vidangeuse automatique Mouras, presque partout abandonnée aujourd'hui, ne présente plus guère qu'un intérêt historique.

C'est une disposition particulière des cabinets d'aisances grâce à laquelle on évite jusqu'à un certain point les gaz putrides. Dans les meilleures condi-

Vidangeuse automatique Mouras



Brevet N° 144 904

FIG. 3. — Vidangeuse automatique Mouras.

tions, les matières solides y sont transformées en un liquide spécial et homogène très peu odorant ; mais en réalité la fosse primitive Mouras agit surtout comme trop plein et les tuyaux d'arrivée et de sortie ne plongent pas assez. Ils débouchent souvent dans la croûte, qui est parfois évacuée en occasionnant des engorgements. Il s'établit entre ces tuyaux des courants produisant des remous nuisibles à la fermentation. Pourtant, Mouras lui-même recommandait de provoquer ces remous par de grandes chasses d'eau, de sorte que le travail de solubilisation devait être bien faible dans ces conditions, et il se produisait plutôt une sorte d'émulsion des matières.

La fosse Mouras, adoptée dès son origine par le service du génie de l'armée, a fonctionné dans beaucoup de casernes, et notamment à Marseille et à Bordeaux. Pour cette dernière ville,

MM. Blarez et Gérard n'admettent les fosses Mouras qu'à titre exceptionnel, surtout par crainte d'une dilution insuffisante des matières stercorales.

Cette opinion émise en 1893 (1), est aujourd'hui adoptée par la plupart des hygiénistes.

B. — *Fosse septique automatique perfectionnée.*

C'est pour remédier à tous ces inconvénients que, à la suite des travaux de MM. Blarez et Gérard, M. Bezault eut l'idée de construire en 1901 une fosse septique qui comprend aujourd'hui

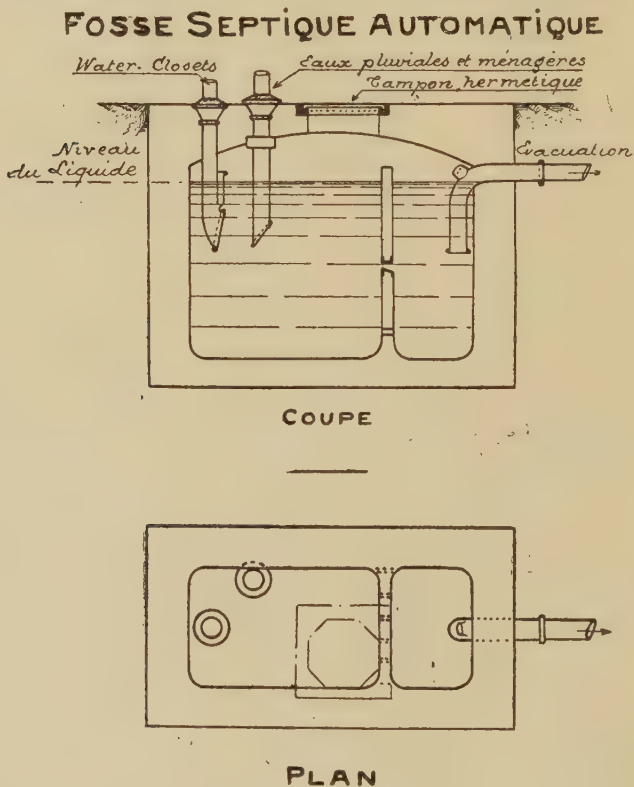


FIG. 4. — Fosse septique automatique.

d'hui près de 5.000 installations, et qui assure aussi com-

1. Les Fosses automatiques de la Ville de Bordeaux. Extrait du *Génie sanitaire*, n° 11, deuxième année, 112, rue Saint-Dominique, Paris.

plètement que possible la solubilisation des matières et la suppression des odeurs en procurant économiquement les avantages du « tout à l'égout ».

D'une façon schématique, cette fosse est une sorte de réservoir étanche, hermétiquement clos, à deux compartiments inégaux. Dans l'un arrive le ou les tuyaux de chute, de l'autre part le tuyau de vidange formant siphon. Ces tuyaux de profil spécial, plongent dans le liquide jusqu'à une certaine profondeur, calculée pour chaque fosse suivant sa capacité et suivant le genre d'installation des cabinets d'aisances.

Le profil spécial du tuyau d'arrivée a pour but de faciliter l'introduction et la répartition des matières dans la fosse, de façon à éviter tout engorgement et retour d'odeurs.

Le liquide ne doit remplir qu'une partie déterminée de la fosse. Il passe d'un compartiment dans l'autre par de petites ouvertures, à section et niveau variable avec le volume de la fosse. Elle peut être construite en tôle galvanisée, ciment armé ou maçonnerie.

Les eaux vannes arrivent dans le premier compartiment, où, dans une sorte de levain, à la surface du liquide, vivent en quantités innombrables les bactéries de la fermentation, qui au fur et à mesure transforment et solubilisent les matières organiques.

Le tuyau d'arrivée plonge dans le liquide, afin de ne pas gêner l'action des bactéries par l'introduction de l'air et par le remous, et aussi pour empêcher les odeurs de remonter.

La décomposition des matières s'effectue, pour la plus grande partie, sous la surface du liquide ; au fond ne se déposent que les matières minérales ou métalliques qui auraient pénétré par négligence ou par mégarde. A cet effet, le premier compartiment sera un peu plus profond que le second.

Ces matières représentent d'ailleurs une infime quantité, et elles peuvent s'accumuler de nombreuses années avant d'empêcher le bon fonctionnement de la fosse. A ce moment, on devra, par le regard à tampon hermétique ménagé à la partie supérieure, vider le compartiment d'arrivée.

Un premier dégrossissage est fait dans ce compartiment ; les eaux passent alors dans le second, où d'autres bactéries, préférant un liquide moins chargé, continuent l'épuration.

La cloison séparative divise le travail et ne fait communiquer les deux compartiments que par les ouvertures, très petites, d'une herse ne laissant passer que des liquides.

Le tuyau de sortie peut rejeter les eaux soit à l'égout, soit à défaut dans un puits filtrant garni de matières oxydantes : mâchefer, gravier, etc., dont on fixe la disposition suivant les cas, soit encore dans une citerne ou en épandage sur des terrains ; car le liquide ainsi épuré et prêt pour la nitrification est très favorable à la culture.

Le niveau du liquide dans le tuyau de sortie étant le même que dans la fosse, on voit qu'au fur et à mesure qu'il arrive un volume quelconque de matières, il sort le même volume en liquide ; de la sorte, la fosse n'est jamais remplie, ce qui supprime les vidanges.

Les gaz de la fermentation se dissolvent dans le liquide et sont évacués avec lui, ou s'échappent très facilement par l'espace libre du tuyau de sortie. Dans tous les cas, ils ne peuvent remonter ni se répandre dans les habitations.

Lits bactériens.

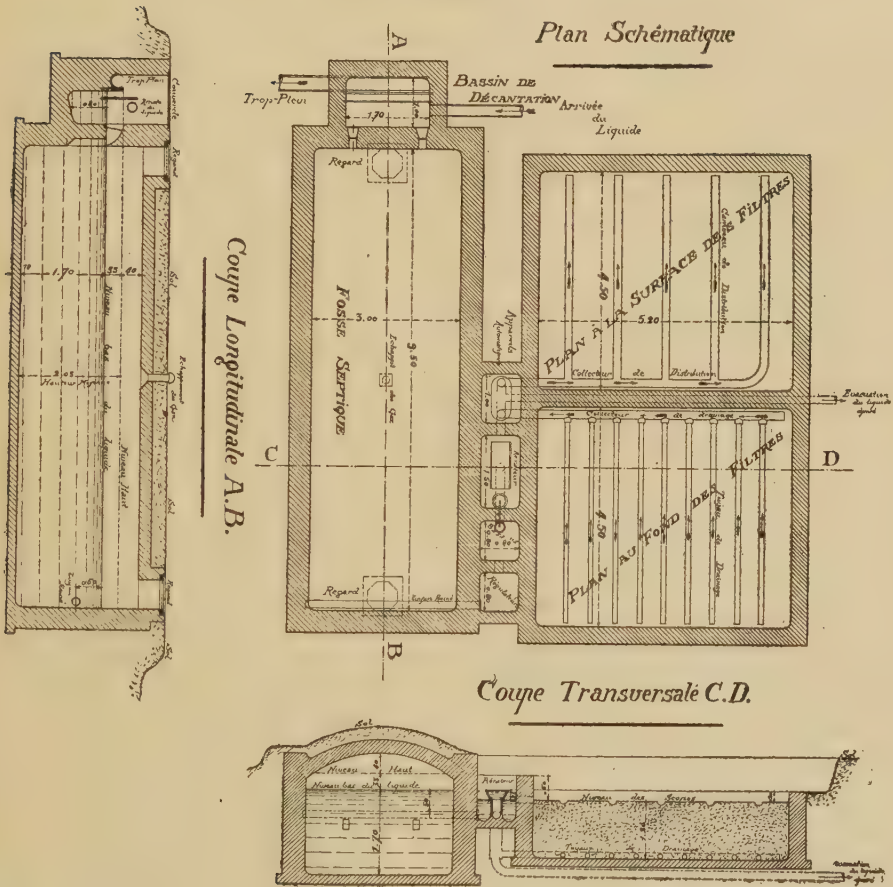
Les filtres ou lits bactériens de contact sont de grands bassins étanches, à ciel ouvert, remplis de matières filtrantes sur une hauteur variant entre 0 m. 80 et 1 m. 50.

Selon le degré de pollution des eaux à épurer et suivant le degré d'épuration que l'on veut atteindre, on dispose une ou deux séries successives de lits bactériens.

La distribution des liquides à la surface des filtres est faite par des caniveaux ou demi-tuyaux placés parallèlement et espacés de 1 mètre à 1 m. 50. Le drainage au fond est constitué par des tuyaux en poterie ou briques creuses posés bout à bout et espacés d'environ 0 m. 50.

La matière filtrante est fournie par du machefer criblé et concassé à des grosseurs différentes et mis en place par trois couches superposées : les gros morceaux de 8 à 10 centimètres au fond, les moyens de 3 à 4 centimètres vers la partie médiane, et les petits de 1 à 2 centimètres à la surface.

EPURATION BACTÉRIENNE FOSSE SEPTIQUE ET LITS FILTRANTS DE 1^{er} CONTACT



ÉCHELLE DE 0.02 P.M.

FIG. 5. — Epuration bactérienne.

Il faut avoir soin de ne pas laisser de poussières dans les

mâchefers, afin de ne pas gêner l'aération et précipiter ainsi le colmatage.

Les eaux sont distribuées ensuite à la surface des lits bactériens, dont le nombre et la capacité ont été prévus en rapport avec le volume et la nature des eaux à épurer.

Pour des eaux de composition moyenne assez diluées, il suffira d'une seule série de filtres, dont la capacité liquide sera égale au volume des eaux à traiter.

La hauteur des matières filtrantes doit être dans ce cas de 1 m. 20 à 1 m. 30, de sorte que la surface totale des filtres sera de 80 mètres carrés pour traiter 100 mètres cubes par jour. Il est établi, en effet, que la capacité liquide est envi-

ron le tiers de la capacité solide ; mais d'autre part, il est con-

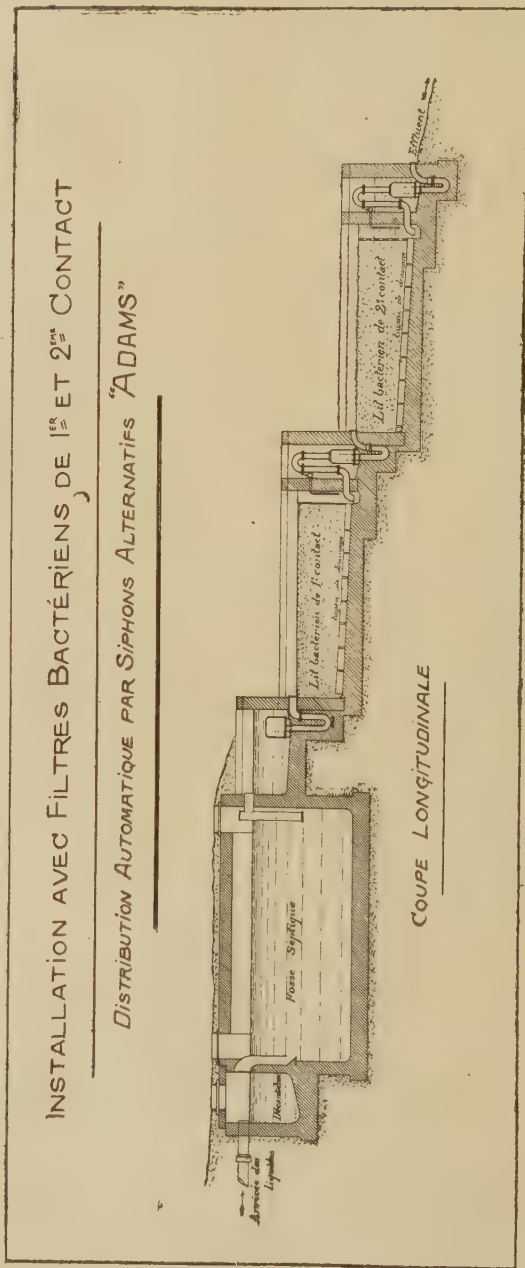


Fig. 6. — Installation avec filtres bactériens.

venu aussi qu'on peut, sans crainte de nuire au fonctionnement, remplir chacun des filtres trois fois en vingt-quatre heures.

Pour 100 mètres cubes, il faudrait donc prévoir deux filtres de chacun 50 mètres cubes.

Les liquides débordant des caniveaux pénètrent dans les matières filtrantes ; petit à petit, le filtre se remplit. A ce moment, on doit arrêter l'écoulement et laisser les eaux en repos, en contact avec les matières filtrantes. Les matières en solution et aussi celles en suspension se déposant sur les scories servant de support aux bactéries d'oxydation, et c'est ici qu'intervient le phénomène de la nitrification qui sera étudié plus loin.

Les expériences ont prouvé que la durée de contact dans les filtres devait être d'environ deux heures ; mais le meilleur temps de séjour à fixer d'après le dosage des nitrates varie avec la nature des eaux, le travail de la fosse septique, et même quelquefois suivant les climats.

D'une manière générale, on règle le travail des filtres bactériens de la manière suivante :

1 heure pour le remplissage.

2 heures pour le plein contact.

1 heure pour la vidange.

4 heures de repos pour aération des scories de machefer.

Soit trois opérations en vingt-quatre heures, à raison de huit heures chacune.

Dans la pratique courante, on effectue généralement deux opérations en douze heures par jour, en réduisant à deux heures le temps d'aération, et la troisième a lieu dans les douze heures de nuit.

On ratisse la surface des filtres pour éviter le colmatage, suivant les besoins, c'est-à-dire environ deux fois par mois.

Lorsque la nature des eaux oblige à prévoir une seconde filtration, on établira des lits de second contact, qui fonctionneront exactement comme ceux de premier contact.

Cependant, leur capacité pourrait être un peu réduite ; leur établissement exige une différence de niveau d'environ 1 m. 50.

Cependant on connaît les siphons Adams qui permettent d'établir plusieurs contacts sur le même plan.

L'eau est ensuite évacuée dans des cours d'eau ou dans des terrains irrigables.

Le mâchefer est la matière filtrante qui a donné jusqu'ici les meilleurs résultats, en permettant de réduire au minimum la surface des filtres et le colmatage.

Son prix de revient est très peu élevé. Les nombreuses cavités qu'il comporte offrent une grande surface très favorable au développement des ferments essentiellement aérobies de la fermentation. Les machefers ne se désagrègent pas et résistent parfaitement aux immersions répétées. On connaît aujourd'hui des filtres au mâchefer qui existent depuis huit ans en donnant toujours d'excellents résultats.

Appareils de distribution

Pour régler la distribution des liquides sur les filtres d'une façon régulière, condition essentielle de bon fonctionnement des lits bactériens, chose qu'on ne peut obtenir avec la main de l'homme, on se sert de divers appareils dont les plus connus sont ceux de la « Septic Tank Company » et ceux des frères Adams.

Les appareils de la « Septic Tank Company » sont basés sur le principe de la bascule hydraulique.

Un filet d'eau produit en un certain temps le volume nécessaire pour faire basculer par son poids un levier qui ouvre une vanne en même temps qu'il en ferme une autre.

Un appareil de ce genre peut assurer le service régulier de quatre filtres, dont le premier se remplit le second est plein, le troisième se vide et le quatrième est au repos.

Une telle disposition adoptée dans l'installation expérimentale de Clichy, fonctionne depuis quatre ans en donnant toujours entière satisfaction.

L'appareil des frères Adams, voir fig. 8, est simplement constitué par deux siphons conjugués, utilisant la compression de l'air pour assurer les entrées et les sorties en des temps déterminés. Des siphons réunis peuvent commander alternati-

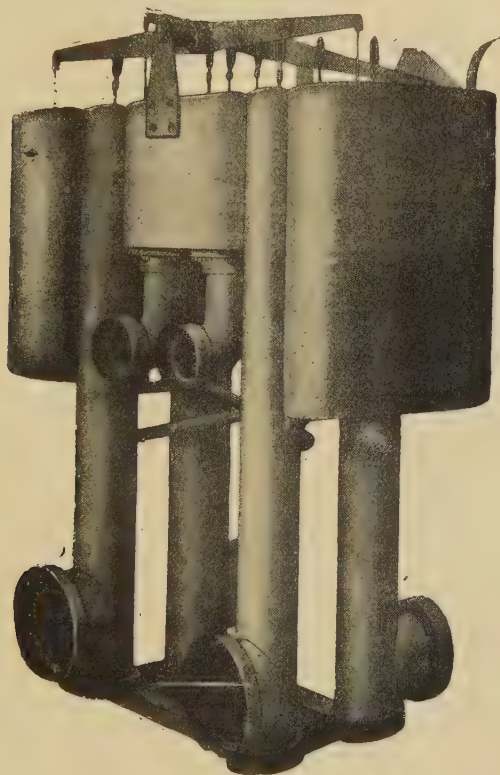


FIG. 7. — Appareil de distribution. Modèle D (Septic Tank Company).

vement le travail de deux et trois filtres. Ces appareils sont très robustes et de marche très régulière. La ville de Toulon les a prévus pour l'épuration totale de ses eaux d'égouts.

Filtration continue ou percolation.

Dans le but d'économiser les surfaces de terrain nécessaires, on tend de plus en plus depuis quelques années en Angle-



FIG. 8. — Sprinkler rotatif Adams.

terre à remplacer les lits bactériens de contact par des lits à filtration continue, appelés aussi *filtres percolateurs*, avec distribution à la surface par des appareils appelés *sprinklers*, soit fixes, soit mobiles. Ce système à égouttage continu sur lits bactériens ou percolateurs, « *percolating beds* », a été inauguré par Frank Candy en 1899.

La matière filtrante employée est le carbo-ferrite ou polarite obtenu par la calcination d'un carbonate de fer naturel. Le carbo-ferrite, qui est insoluble, ne produit pas de rouille et constitue un support dur, consistant et absorbant.

Ces filtres non étanches ont une hauteur de matières filtrantes plus grande que celle des filtres à contact, et cette filtration continue, pour être efficace, oblige à répandre les liquides en fines gouttelettes, sous forme de pluie, pour faciliter l'oxygénation de l'effluent des fosses septiques.

Pour cela on a d'abord employé de simples tuyaux, percés de petits trous d'où jaillit le liquide, mais ces tuyaux, appelés « *sprinklers fixes* », ont l'inconvénient de se boucher souvent et de nécessiter une assez grande différence de niveau pour assurer le jet des liquides par pression.

On a ensuite employé des sprinklers mobiles, tournant autour d'un axe central. Ces appareils utilisent tout simplement le phénomène du chariot hydraulique, et sont mis en marche par la seule force de l'eau projetée.

Les plus connus sont ceux d'Adams

dont la jonction repose sur l'air comprimé entre deux masses de liquide, et ceux de Whittaker-Candy, à assemblage plus compliqué, dont la jonction à la partie centrale est faite sur un bain de mercure.

Les lits à filtration continue fournissent en temps sec un travail plus grand que les lits de contact. Mais la différence est surtout sensible en temps de pluie. En les adoptant on peut

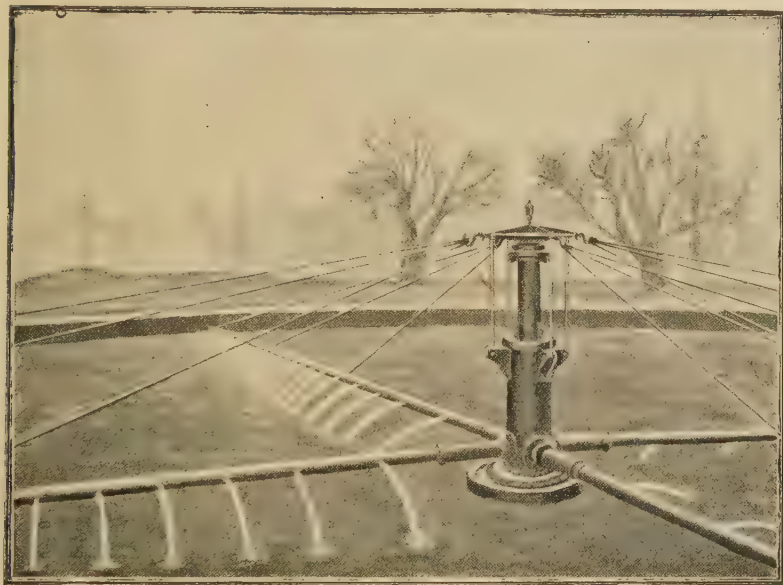


FIG. 9. — Installation de BRADFORD (sprinkler Adams).

donc opérer sur une surface de terrain notablement moindre.

Remarques diverses.

D'après les détails que nous venons de donner, on peut se rendre compte facilement de la superficie nécessaire pour épurer un volume quelconque d'eau d'égout, de telle ou telle composition.

Avec des lits de contact bien disposés, on peut épurer jusqu'à un mètre cube d'égout de composition moyenne par

1 m. 40 de superficie, et avec des filtres à percolation continue, on épure dans de bonnes conditions plus de 1 mc. 1/2 par mètre carré et par jour.

Ces chiffres rapprochés de ceux nécessités par ceux de l'épandage où le maximum admis est seulement de 11 litres par mètre carré et par jour, démontrent qu'avec l'épuration biologique intensive, on peut épurer en moyenne suivant le procédé et sur la même surface, entre 70 et 150 fois plus d'eau que dans l'épandage.

Par suite de la composition des eaux ou circonstances diverses, ces chiffres pourront être abaissés ; mais les nombreuses installations actuellement en service avec des eaux très variées, permettent de dire que la surface nécessitée par l'épuration biologique intensive sera toujours au minimum au moins 50 fois inférieure à celle nécessitée par l'épandage.

Bien entendu, ces évaluations comprennent aussi les surfaces nécessitées par les bassins de décantation, fosses, etc..

Dans une étude d'ensemble il serait intéressant de pouvoir indiquer le prix d'installation d'une épuration biologique intensive ; mais la chose n'est pas aisée, car le prix de revient varie selon la nature des eaux, l'importance du volume total, les installations accessoires, etc.

Cependant, pour fixer les idées, en prenant pour base une eau de composition moyenne se rapprochant des eaux d'égout de Paris, on peut établir approximativement le barème suivant, tous frais compris :

Nombre d'habitants	Volume en mètres cubes à raison de 100 litres par habitant	Prix
1.000	100	17.000 francs
2.000	200	25.000 »
5.000	500	50.000 »
10.000	1.000	85.000 »
50.000	5.000	385.000 »
100.000	10.000	750.000 »
500.000	50.000	3.000.000 »
1.000.000	100.000	5.000.000 »

On réalise donc une économie d'environ 50 0/0 sur l'épandage.

Quant aux frais d'exploitation, ils sont des plus réduits. En effet, un homme suffit amplement pour assurer le service d'une installation atteignant jusqu'à un volume journalier de 2.000 mètres cubes ou 20.000 habitants. Pour une installation de 10.000 mètres cubes ou 100.000 habitants, le service serait parfaitement assuré par trois hommes.

Lorsqu'il sera nécessaire de relever les eaux ou d'enlever mécaniquement les matières lourdes et grosses matières flottantes qu'on rencontre dans les installations de très grande importance, ces opérations nécessiteront des frais supplémentaires; mais ces frais existeront toujours, quel que soit le système d'épuration employé, épandage ou précipitation chimique.

Dans la comparaison avec ces procédés, il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte. En tout cas, on ne peut évaluer ces frais qu'après étude complète du projet à exécuter.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE CHIMIQUE ET BACTÉRIOLOGIQUE DU PROCÉDÉ « SEPTIC TANK ».

Considérations générales sur les eaux d'égout.

Les eaux du « tout à l'égout » de Paris, collectées à Clichy peuvent être considérées comme des eaux d'égout de composition moyenne.

Elles sont formées d'eaux ménagères, d'eaux industrielles et surtout d'eaux vannes provenant des urinoirs, latrines publiques et privées, purin des écuries, vacheries, etc.

Chaque personne fournit en moyenne par jour de 75 à 90 grammes de matières excrémentielles solides et environ 1200 grammes d'urine, dont l'ensemble constitue un milieu essentiellement putrescible.

Parmi les eaux usées, les eaux vannes sont celles qui doivent appeler le plus spécialement l'attention des hygiénistes et des ingénieurs sanitaires. On admet aujourd'hui qu'il est indispensable non seulement de les évacuer rapidement, mais encore de leur faire subir une épuration préalable pour enlever les éléments d'insalubrité qu'elles contiennent, avant de les abandonner à leur cours naturel, fleuves, mer.

D'après M. Bechmann (1), l'efflux urbain ou ensemble des eaux impures des villes (Sewage des Anglais), présente habituellement l'aspect d'un liquide grisâtre, opaque, chargé de

1. *Distribution d'eau et assainissement*, 2 vol. 1898-1899.

matières en suspension, à odeur fade *sui generis*, dont la température est à peu près constante en toutes saisons.

Cette particularité s'explique aisément par le fait que les eaux chaudes des cuisines, bains, manufactures, y forment un appoint sérieux, et que d'autre part les conduits souterrains où s'écoule le liquide impur sont suffisamment enterrés pour participer à l'invariabilité relative de la température du sol. Il en résulte que les eaux d'égout ne gèlent point, même dans les hivers les plus rigoureux, et qu'il suffit de les tenir à l'abri du contact immédiat et prolongé de l'air froid pour leur assurer leur fluidité ordinaire : tandis que pendant les chaleurs de l'été, la même précaution les protège contre les fermentations trop actives.

Maintenu à l'état de repos dans un récipient quelconque, ce liquide se sépare bientôt en deux couches : au fond se forme un dépôt grisâtre plus ou moins épais où les matières se succèdent par ordre de densité. Au-dessus, il existe un liquide assez limpide, d'un blond sale, qui peut se conserver ainsi longtemps sans se putréfier si l'on a soin de le maintenir exposé à l'air ; mais si, au contraire, on le conserve en vase clos, il ne tarde pas à entrer en fermentation. Sa couleur change bientôt, passe du gris-jaunâtre au gris foncé, puis au noir ; et si l'on vient à déboucher le vase, il s'en dégage une odeur infecte, où dominant les composés ammoniacaux et sulfhydriques.

Pour une même ville, le *volume* des eaux d'égout est assez variable et oscille dans les limites assez étendues selon les pluies ou la sécheresse, mais comme moyenne, on peut dire qu'il ne diffère pas sensiblement de celui de l'eau distribuée ; car les pertes sont à peu près compensées par les eaux météoriques.

Ainsi, à Londres, où l'on distribue 175 litres d'eau par habitant, on compte 135 litres d'efflux urbain. A Paris où l'eau distribuée atteint 220 litres, on compte 170 litres d'eau d'égout. Enfin à Berlin, le volume des eaux d'égout, 100 litres par habitant est, au contraire, supérieur à celui de l'eau distribuée : 65 litres.

La *composition* des eaux d'égout est assez variable, non seulement d'une ville à l'autre, mais dans la même ville, suivant le moment de la journée et le point considéré.

Leur réaction est habituellement alcaline, mais elle peut devenir acide quand certaines eaux industrielles y entrent en proportion notable.

On y rencontre des matières très diverses en suspension et en dissolution.

Comme moyenne, on trouve par litre : 0 gr. 620 de matières en suspension et 0 gr. 650 de matières minérales et organiques en dissolution.

L'ensemble de ces matières, 1 gr. 270 comprend alors 0 gr. 815 de matières minérales et 0 gr. 455 de matières organiques par litre.

Parmi les substances minérales et organiques contenues dans les eaux d'égout, on rencontre notamment : le chlore, généralement à l'état de chlorure de sodium, la chaux à l'état de combinaisons diverses, le soufre en petite quantité, ainsi que la potasse et l'acide phosphorique, le carbone organique, l'azote albuminoïde, ammoniacal et nitrique, selon l'état de dégradation plus ou moins avancé de la matière organique primitive.

Parmi les gaz, on trouve surtout des composés du soufre et des carbures d'hydrogène. L'oxygène, absorbé par la matière organique, y fait habituellement défaut.

Enfin, les eaux d'égout sont abondamment peuplées par une flore microbienne très variée, dont le rôle est d'assurer la dislocation et la minéralisation par étapes successives des matières organiques les plus complexes. D'après Miquel, l'eau des collecteurs de Paris contiendrait au minimum 18 millions de microbes aérobies par centimètre cube.

Les substances organiques contenues dans les eaux d'égout peuvent être réparties en deux grands groupes :

1° Le groupe formé par les substances *ternaires* ou *hydrocarbonées*, comprend : alcools, sucres, dextrines, acides végétaux, matières celluloseuses, graisses, etc.

2° Le deuxième groupe constitué par les substances *quater-*

naires, ou *azotées* ou *albuminoïdes*, et dont le type est l'albumine de l'œuf, comprend : albumines végétale et animale, caséine, fibrine, urée, gluten, gélatine, résidus d'abattoirs et de laiteries, etc.

En étudiant plus loin le travail de la fosse septique et des lits bactériens, nous ferons une étude plus intime de cette composition ; mais cet aperçu donné ici à titre d'indications générales, était nécessaire pour montrer les difficultés à résoudre et par suite, le but à atteindre.

ANALYSE DES EAUX D'ÉGOUT

L'analyse des eaux d'égout présente assez de difficultés pour faire l'objet d'un chapitre spécial. L'absence d'unification dans les méthodes d'analyses chimiques et bactériologiques employées constitue un grave inconvénient en rendant souvent toute comparaison impossible. Chaque chimiste adopte la méthode qui lui plaît le mieux, interprète parfois les résultats à sa façon ; en un mot, parle un langage différent du voisin, et tout cela amène des confusions très regrettables, qui présentent l'inconvénient de jeter le trouble dans l'esprit des personnes peu initiées aux petits mystères de la chimie.

Indépendamment des pluies, on sait que les eaux d'égout varient de composition non seulement d'un jour à l'autre, mais encore aux différentes heures de la journée pour la même ville : d'où nécessité d'en tenir compte dans l'échantillon moyen. Les eaux brutes offrent, en outre, de très grandes difficultés dans leur prélèvement, ce qui fausse encore certains résultats, en les faisant varier dans des limites qui peuvent paraître invraisemblables à première vue.

En raison des transformations rapides qui s'y produisent sous l'influence des actions microbiennes, il est indispensable d'opérer le plus promptement possible et rigoureusement dans les mêmes conditions pour avoir des données comparables.

Pendant toute la durée des opérations, les échantillons à

analyser devront donc être maintenus à basse température pour arrêter les fermentations.

Les essais chimiques porteront sur l'eau d'égout brute préalablement filtrée. Celle provenant du bassin collecteur à la sortie de la fosse septique (effluent de la fosse septique) pourra être simplement décantée.

Enfin l'eau qui sort des lits bactériens (effluent des lits bactériens), ne subira aucun traitement à cause de sa limpidité.

En tenant compte des nécessités scientifiques et pratiques de la question, je me suis arrêté aux déterminations suivantes en employant, pour les effectuer, les méthodes qui s'adaptent le mieux à la composition moyenne des eaux d'égout. J'estime que leur description sommaire pourra rendre service aux chimistes chargés pour la première fois de contrôler la marche d'un procédé d'épuration biologique.

Les déterminations à effectuer et les éléments utiles à doser pour conclure dans de bonnes conditions comprendront :

1. — Réaction.
2. — Caractères physiques : Aspect; odeur; putrescibilité.
3. — Résidus fixes à 110°.
4. — Résidus après incinération.
5. — Chlore évalué en Na Cl.
6. — Chaux totale en CaO.
7. — Matières en suspension.
8. — Matières organiques dissoutes : en oxygène de permanganate absorbé en milieu alcalin, après dix minutes d'ébullition et par différence.
9. — Azote ammoniacal : ammoniacque libre et saline en Az H³.
10. — Azote albuminoïde ou ammoniacque amidée, en Az H³.
11. — Azote nitrique :
 - A. — Nitrites en nitrite de potasse.
 - B. — Nitrates en nitrate de potasse.
12. — Bactériologie :
 - A. — Numération des germes.
 - B. — Spécification des germes.
 - C. — Recherche des bacilles suspects.

Réaction. — La réaction déterminée à l'aide des papiers de tournesol sensible et par la solution alcoolique de phthaléine du phénol est à peine alcaline avec l'eau brute, légèrement alcaline dans l'effluent de la fosse septique et à peu près neutre à la sortie du lit bactérien. La présence d'une forte proportion d'eau industrielle acide peut modifier la réaction de l'eau d'égout brute.

Aspect. Odeur. Putrescibilité. — Pour l'*aspect*, on notera l'apparence dans un vase de porcelaine sur diverses épaisseurs.

Pour bien percevoir l'*odeur* en cas de doute, on remplira d'eau aux deux tiers un flacon de 250 à 300 grammes à large ouverture, et l'on agitera vivement pendant deux à trois secondes. On débouchera aussitôt le flacon de manière à sentir l'air de la bouteille qui vient d'être agité avec l'eau à examiner. L'odeur est alors manifeste.

La *putrescibilité* sera déterminée en tenant l'eau en bouteilles bouchées pendant plusieurs jours à 25° et en notant chaque jour la couleur et l'odeur.

L'effluent filtré du lit bactérien supporte parfaitement cette épreuve poursuivie pendant une semaine.

Résidus fixes à 110°. — Les résidus secs seront effectués sur l'eau totale et l'eau filtrée en opérant au bain-marie dans deux capsules à fond plat d'environ 70 millimètres de diamètre sur 20 millimètres de haut, en agissant sur 200 centimètres cubes qu'on ajoutera peu à peu en évitant l'ébullition.

Quand l'évaporation sera terminée, on achèvera la dessiccation dans l'étuve à gaz maintenue à 110° jusqu'à poids constant, ce qui exige environ quatre heures. On laisse refroidir à l'exsiccateur à l'acide sulfurique, et on pèse rapidement, car les résidus sont souvent très hygrométriques.

Résidus après incinération. — Les résidus après incinération seront déterminés en portant les deux résidus secs ci-dessus

et pendant une heure dans un fourneau à moufle. La différence de poids est toujours sensible et porte sur la disparition des matières organiques et sur la décomposition et volatilisation complète ou partielle des carbonates, sels ammoniacaux, nitrates et sulfures.

Nota. — La différence entre le résidu fixe à 110 et le même après incinération, peut être donné comme chiffre de matières organiques. Il se rapproche certainement plus de la réalité que celui déterminé par la méthode au permanganate, qui ne représente qu'un coefficient d'oxydabilité en un temps donné.

Les déterminations des chlorures et de la chaux sont très intéressantes pour suivre la dégradation de la matière organique, et notamment le travail de solubilisation qui s'accomplit dans la fosse septique. A part quelques rares exceptions qui proviennent surtout de pluies abondantes ; les chiffres vont en augmentant depuis l'eau d'égout brute jusqu'à l'effluent des lits de contact.

Chlorures. — On les dosera volumétriquement avec la liqueur déci-normale d'azotate d'argent et quelques gouttes de chromate jaune de potasse comme témoin. Chaque centimètre cube de la solution déci-normale d'azotate d'argent correspond à 0 gr. 00585 de chlorure de sodium.

On opérera sur 200 centimètres cubes d'eau ; mais après l'avoir ramenée à neutralité parfaite par l'acide azotique pur si elle est alcaline comme cela arrive généralement, et par le carbonate de chaux pur si, par hasard, elle est acide.

Nota. — Le dosage volumétrique des chlorures présente parfois des difficultés assez grandes, notamment avec les effluents de certaines fosses septiques contenant des composés réducteurs : sulfhydriques et autres.

Dans ce cas, on pourra doser les chlorures en prenant 50 centimètres cubes d'eau, 0 gr. 25 de permanganate de potasse cristallisé, et 15 à 20 gouttes d'acide sulfurique pur. On fera bouillir dans une capsule de porcelaine jusqu'à décoloration. On

filtrera, on neutralisera par excès de carbonate de chaux pur ; et on dosera les chlorures volumétriquement comme ci-dessus.

Chaux totale. — Pour avoir des résultats rigoureusement exacts, le dosage de la chaux devrait être effectué sur l'eau préalablement débarrassée de la silice, du fer et de l'alumine qu'elle peut contenir, mais comme ces trois substances ne s'y trouvent qu'à des doses très faibles, on peut les négliger en pratique et doser directement la chaux de la façon suivante :

On prend 200 centimètres cubes d'eau que l'on additionne de quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur. On fait bouillir. On laisse refroidir. On ajoute de l'ammoniaque jusqu'à réaction franchement alcaline, puis un léger excès d'oxalate d'ammoniaque et un peu de sel ammoniac pour éviter la précipitation de la magnésie. On fait bouillir un quart d'heure. On recueille le précipité d'oxalate de chaux sur un petit filtre à analyse. On lave bien, on sèche et on calcine le précipité dans un creuset de platine, puis on laisse refroidir.

Pour obtenir un résidu réellement fixe permettant d'en déduire exactement le poids de la chaux, on le mouillera légèrement avec précaution par quelques gouttes d'acide sulfurique au 1/10^e. On évaporera doucement en évitant pertes et projections et on calcinera à nouveau. On aura ainsi toute la chaux à l'état de sulfate, dont le poids multiplié, par 0,41176 donnera, la chaux, anhydre en CaO, ainsi, dans l'eau épurée, (sauf à l'époque des grandes pluies qui diluent l'eau des filtres, car les lits bactériens ne sont pas couverts) ; j'ai toujours trouvé sensiblement plus de chlorures et de chaux que dans l'eau non épurée ; peut-être pourrait-on admettre que : aux chlorures et à la chaux déjà dissous dans l'eau d'égout brute, viennent s'ajouter ceux qui proviennent de la solubilisation des matières organiques en fosse septique et lits de contact ; mais ce n'est là qu'une hypothèse.

En cela, mes résultats sont conformes à ceux du service chimique de la ville de Paris, cités plus loin.

Matières en suspension. — Ces matières, dont il est impor-

tant de déterminer le poids, au moins dans les premières analyses à effectuer pour une ville, seront prises sur au moins un litre et répétées plusieurs fois pour avoir une moyenne à peu près exacte.

La filtration des eaux d'égout est toujours très lente et peut demander plusieurs jours, surtout en se servant d'un double filtre dont l'un sert de tare. On pèsera après dessiccation à 100° jusqu'à poids constant.

Matières organiques dissoutes. — Pour les eaux d'égout on se contente généralement d'évaluer les matières organiques dissoutes en oxygène de permanganate absorbé en milieu alcalin après dix minutes d'ébullition et par différence ; car ce dosage est sujet à moins de causes d'erreurs que celui en milieu acide.

Les résultats qu'il fournit ont un certain intérêt pour l'effluent des lits bactériens, mais ils n'ont aucune signification pour apprécier le travail de solubilisation de la fosse septique.

Dans la plupart des analyses, on trouve, en effet, des chiffres de matières organiques dissoutes inférieurs à ceux de l'eau d'égout brute ; ce qui provient de ce que les composés ammoniacaux ou en voie de transformation ammoniacale, empruntent moins d'oxygène du permanganate que les diverses substances qui existent dans l'eau d'égout brute ou à peine modifiée par passage dans la canalisation.

Dosage en milieu alcalin. — On pourra opérer de la manière suivante :

Prendre 50 centimètres cubes d'eau filtrée additionnée de 50 centimètres cubes d'eau distillée récente. Y ajouter 10 centimètres cubes d'une solution de permanganate de potasse cristallisé pur à 3 gr. 95 par litre d'eau distillée et 25 centimètres cubes de soluté à froid de bicarbonate de soude à 10 0/0. Porter à l'ébullition. Maintenir exactement 10 minutes. Laisser refroidir vers 60°. Ajouter avec précaution 25 centimètres cubes d'acide sulfurique dilué à 1 pour 5 en volume et 10 centimètres cubes d'une solution d'acide oxalique pur à 7 gr. 875 par litre d'eau distillée et réduisant exactement celle de permanga-

nate. Reporter le ballon sous une burette contenant le permanganate ci-dessus et noter le nombre de centimètres cubes employés pour arriver à une légère teinte rose persistante.

Répéter la même opération en employant des doses doubles en partant de 100 centimètres cubes d'eau.

Retrancher le premier résultat du second. Le nombre de centimètres cubes ainsi obtenu, multiplié par 5, donnera en milligrammes par litre, la quantité d'oxygène emprunté au permanganate.

Nota. — En exprimant les résultats trouvés ; bien spécifier qu'il s'agit seulement des matières organiques dissoutes oxydables au permanganate.

Azote ammoniacal. — L'azote ammoniacal comprenant l'ammoniaque libre et saline est une des meilleures déterminations à effectuer pour apprécier le travail de solubilisation de la fosse septique. La constatation de sa disparition presque complète par oxydation nitrique à la sortie du lit bactérien de mêchefer est également très intéressante à faire.

Mode opératoire. — Dans le ballon de l'appareil à distiller Aubin, on introduira 500 centimètres cubes d'eau et 10 grammes de magnésie lourde récemment calcinée et en poudre fine. On monte l'appareil et sous le tube à bout effilé, qui termine le réfrigérant, on place un ballon à long col contenant 50 centimètres cubes de solution déci-normale d'acide sulfurique, de façon que la pointe plonge bien dans le liquide acide additionné de quelques gouttes de solution alcoolique de phtaléine du phénol.

On porte lentement à l'ébullition. On maintient environ une heure et l'on recueille au moins 100 centimètres cubes de liquide. Laisser refroidir avant de doser par une liqueur déci-normale d'hydrate de soude, ce qui reste d'acide non saturé. On a ainsi par différence le nombre de centimètres cubes d'ammoniaque contenu dans un demi-litre d'eau. Or, chaque centimètre cube correspond à 0 gr. 0017 de gaz Az H³. On réservera le liquide du ballon pour le dosage de l'azote albuminoïde.

Azote albuminoïde. — Le dosage de l'azote albuminoïde est indispensable pour suivre les transformations successives de la matière organique depuis l'eau d'égout brute jusqu'à l'effluent des lits bactériens.

On peut l'effectuer très pratiquement en adoptant une partie de la méthode Wanklyn et Chapmann consistant à doser l'ammoniaque des matières organiques azotées qui restent dans le résidu de l'opération ci-dessus :

On se sert à cet effet d'une solution de permanganate de potasse fortement alcalinisée ainsi composée :

Permanganate de potasse.	8 gr.
Hydrate de soude pure en plaques. . .	200 gr.
Eau distillée récente.	1 litre.

Faire bouillir cette solution un quart d'heure pour détruire la matière organique azotée étrangère qui peut s'y introduire par l'eau distillée employée.

Le liquide du ballon encore chaud, mais débarrassé de l'ammoniaque libre et saline, est additionné d'un cristal de sulfate ferreux pour détruire l'azote nitrique. On laisse refroidir, on ajoute 100 centimètres cubes de la solution de permanganate alcalin, on reçoit dans 100 centimètres cubes d'acide sulfurique déci-normal et on termine comme ci-dessus. On exprime aussi en Az H^3 .

Azote nitrique total. — Le dosage de l'azote nitrique, auquel on a fréquemment recours pour s'assurer de la marche de l'oxydation de l'ammoniaque dans les lits bactériens, s'effectue ordinairement par les méthodes colorimétriques. Il comprend les déterminations de l'azote nitreux et de l'azote nitrique proprement dit :

Azote nitreux. — Pour la recherche courante des nitrites on emploie généralement le réactif très sensible à l'iodure de zinc amidonné de Tromsdorff, qui offre l'avantage d'opérer très rapidement à froid ; mais il ne faut pas perdre de vue que ce

réactif, pas plus que ceux à base de métaphénylène diamine, ne sont spécifiques des nitrites, et peuvent donner des indications fausses avec des eaux d'égout contenant des résidus industriels divers et, notamment des halogènes.

Dans les cas douteux, il est donc indispensable d'avoir recours à un réactif plus précis, ne s'appliquant qu'aux nitrites, et possédant en même temps une grande sensibilité.

Celui de M. le professeur Denigès, à base d'acide sulfurique phéniqué et d'acétate de mercure (1) remplit bien ces deux indications, et il est très recommandable comme moyen de contrôle. On peut aussi s'en servir comme moyen de dosage, car la teinte obtenue est proportionnelle à la quantité d'azotite. On opérera par comparaison avec des solutions très faibles et de titre connu d'azotite de potasse.

Azote nitrique proprement dit. — Le dosage des nitrates qui représente ici le dernier terme de l'épuration et offre par conséquent une très grande importance, s'effectuera, si possible, colorimétriquement par le réactif sulfo-phéniqué de Grandval et Lajoux. Il n'y a pas lieu de décrire ici cette méthode bien connue qu'on trouve dans les auteurs classiques.

Dans certains cas les matières organiques masquent la coloration jaune du nitrophénate d'ammoniaque de la méthode ci-dessus et en rendant l'emploi peu précis. Quand la chose se présentera, on dosera l'azote nitrique à l'état de bioxyde d'azote d'après la méthode indiquée en 1882 par M. Barillé, pharmacien-major de l'armée.

Le mode opératoire adopté par M. Barillé est le suivant :

Après avoir précipité les chlorures contenus dans l'eau à analyser à l'état de chlorure d'argent par une quantité équivalente de sulfate d'argent, on évapore au minimum un demi-litre de cette eau jusqu'à réduction à un faible volume, environ 5 à 10 centimètres cubes. Ce liquide filtré est introduit dans le réservoir supérieur d'un tube en verre épais de 16 millimètres de diamètre, partagé par un robinet en deux portions

1. Denigès : *Précis de chimie analytique*, pages 64 et 99. Maloine, 1903.

d'inégales longueurs. La plus courte, d'une capacité de 6 à 8 centimètres cubes est graduée en demi-centimètres cubes. L'autre, d'une capacité de 50 à 60 centimètres cubes au-dessous du robinet, est divisée par cinquièmes de centimètre cube. On fait passer le liquide dans le tube inférieur qui a été au préalable rempli de mercure et placé sur une cuve à mercure en ouvrant avec soin le robinet et le fermant au moment précis du passage de la dernière goutte de liquide. On lave avec un peu d'eau distillée qui est introduite de la même façon dans l'éprouvette, ainsi qu'un certain volume d'acide sulfurique pur, puis on agite de temps en temps pour faciliter la réaction qui exige généralement de vingt-quatre à trente-six heures pour s'accomplir.

L'acide azotique, mis en liberté par l'acide sulfurique, est décomposé par le mercure contenu dans l'éprouvette. Il se produit du bioxyde d'azote d'après la formule :



Le volume de bioxyde d'azote obtenu permet de connaître le poids de l'azote nitrique contenu dans l'eau : la pureté du gaz est reconnue à son entière absorption par une solution de sulfate ferreux.

Théoriquement, 10 centigrammes de nitrate de potasse fournissent par ce procédé 22 cc. 09 de bioxyde d'azote.

Dans les corrections à faire subir au volume de gaz obtenu, il convient de négliger, à cause de l'acide sulfurique employé, celle qui se rapporte à la tension de la vapeur d'eau.

Ce procédé opératoire qui donne des résultats d'une exactitude très satisfaisante, en permettant d'opérer à froid est très pratique et peut être substitué au mode de dosage par peroxydation et titration d'un sel de fer au minimum.

Il convient particulièrement pour les eaux de l'effluent des lits bactériens qui sont les plus riches en nitrates.

Bactériologie. — La bactériologie des eaux d'égout offre moins d'importance que celle des eaux d'alimentation ; et pour

calculer leur degré d'épuration, on se base surtout sur les données beaucoup plus précises de la chimie.

Pour leur bactériologie, on se borne le plus souvent à compter le nombre des colonies aérobies d'un centimètre cube qui poussent sur gélatine nutritive.

Dans certains cas exceptionnels, on recherche le coli-bacille, mais sans se préoccuper de sa virulence, qui, d'ailleurs, est presque toujours nulle.

En adoptant le procédé de numération que j'indique plus loin, j'ai trouvé comme moyenne le chiffre de 1.850.000 colonies aérobies par centimètre cube dans l'eau d'égout brute de Clichy prélevée à son arrivée dans l'usine de la Société, alors qu'au Service micrographique de la ville de Paris, on comptait vers la même époque 12.700.000 germes dans l'eau brute du grand collecteur voisin.

Dans l'eau d'effluent d'un seul contact, le nombre des germes s'élevait pour moi à 245.000 ; ce qui suppose une élimination de 87 0/0, alors qu'au laboratoire officiel cité plus haut, on concluait à un pourcentage d'épuration bactériologique atteignant 99,99 0/0, c'est-à-dire égal à celui obtenu par les champs d'épandage.

Ces nombres sont intéressants à citer pour frapper l'imagination des personnes qui demandent des chiffres pour se faire une opinion ; mais ni les uns ni les autres ne correspondent à la réalité. Les principales causes d'erreurs proviennent des difficultés presque insurmontables qu'on rencontre pour obtenir un échantillon moyen, de la dilution adoptée, de l'élimination forcée de tous les germes anaérobies et de toutes les espèces aérobies qui exigent une température supérieure à 20-22° pour se développer ; et enfin de toutes celles qui ne s'accommodent pas de la gélatine comme milieu nutritif. Si mes résultats bactériologiques diffèrent comme nombre de ceux de M. Miquel, je pense que cela provient des méthodes de numération suivies au service micrographique de la ville de Paris, où l'on doit employer des dilutions très étendues obligeant, par suite, à se servir de multiplicateurs très élevés ; et peut-être aussi de

l'emploi d'une gélatine nutritive contenant un peu d'agar pour gêner le développement des liquéfiantes et permettre de compter les non-liquéfiantes tardifs. Or, comme les premiers sont beaucoup plus nombreux dans l'eau d'égout brute que dans l'eau épurée, il s'ensuit qu'en opérant dans ces conditions, on trouve pour la première des chiffres beaucoup plus élevés que les miens.

Dans l'effluent de la fosse septique, le chiffre des bactéries aérobies a toujours été sensiblement plus élevé que dans l'eau d'égout brute ; et les liquéfiantes y cultivent beaucoup plus vite. Tout cela est très logique, mais montre aussi que le travail de solubilisation qui s'effectue dans la fosse septique est en partie l'œuvre des aérobies, et qu'il n'est pas juste de l'attribuer exclusivement aux anaérobies comme on l'écrit généralement.

Le mode opératoire de numération que j'ai adopté est le suivant : J'estime qu'il peut fournir de bonnes indications pour conclure, à la condition d'opérer toujours dans les mêmes conditions.

Faire une dilution au $1/5000$, à l'aide de deux ballons contenant l'un 50 centimètres cubes et l'autre 100 centimètres cubes d'eau distillée. Stériliser. Laisser refroidir. Ajouter 1 centimètre cube d'eau fraîchement recueillie dans le premier ballon, puis avec une autre pipette stérilisée de 1 centimètre cube, porter 1 centimètre cube de cette première dilution dans le ballon de 100. Bien agiter. On aura ainsi une dilution au $1/5000$.

Onensemencera alors 1 centimètre cube de l'eau du second ballon dans une tube de gélatine nutritive liquéfiée vers 30-35°, qu'on coulera dans une boîte de Petri. Après reprise de la gélatine, on cultivera à 20-22°, en examinant chaque jour l'état de la culture et en comptant les colonies le plus tard possible ; ce qui peut demander trois ou quatre jours au plus.

La numération des germes aérobies est la première opération bactériologique à effectuer ; mais elle n'a pas grande signification ; et si l'on pouvait déterminer pratiquement et rapide-

ment la nature et la virulence des espèces après leur passage en fosse septique et en lits bactériens, cela vaudrait infiniment mieux. Malheureusement, ces opérations toujours longues et délicates, ne peuvent être entreprises dans beaucoup de laboratoires.

Pour le *bacterium coli* qui est l'espèce la plus répandue et dont la gamme de virulence est très étendue, on aura recours pour sa détermination, à ses caractères morphologiques et de culture, à la réaction indol-nitreuse, fermentation des sucres, coagulation du lait, passages en bouillon phéniqué au millième à haute température, et si possible à l'action des sérums et au gélo-diagnostic.

En un mot, pour la spécification des germes et la recherche des bacilles suspects en général, on pourra suivre les différentes méthodes que j'ai décrites dans une autre publication (1).

1. F. Baucher : *Analyse chimique et bactériologique des eaux potables et minérales*, 1904. Vigot frères, éditeurs.

Analyses chimiques et bactériologiques des eaux d'égout brutes et épurées à la station de Clichy par le procédé du « septic tank system » (F. BAUCHER).

Résultats moyens de six prélèvements effectués à diverses périodes (1905-1906).

	Eau d'égout brute prélevée à son arrivée dans l'usine de la Société	Effluent de la fosse septique. 24 heures de séjour	Effluent du lit bactérien. Un seul contact de 2 heures
Chlore évalué en Na Cl.....	77 à 85	132 à 144	134 à 145
Chaux totale évaluée en CaO.....	163 à 170	218 à 227	230 à 241
Matières organiques dissoutes :			
En oxygène de permanganate, milieu alcalin, après 10' d'ébullition, par différence.)	28 à 38	22 à 29	6,5 à 8,5
Azote albuminoïde (en AzH^3).....	18 à 35	8 à 18,5	2,8 à 5,4
Azote ammoniacal (en AzH^3).....	12 à 25	16 à 33	4 à 9
Azote nitreux (évalué en nitrite de potasse)	De 0 à traces sensibles	0	De traces sensibles à 1,5
Azote nitrique proprement dit (évalué en nitrate de potasse).....	1 à 2,5	0	18 à 34
Bactéries aérobies par centimètre cube, poussées sur gélatine nutritive à 20-22.	1.850.000	2.300.000	245.000
Dilution 1/5000. Les colonies étant comptées immédiatement avant l'en- vahissement par les liquéfiantes.....	dont un tiers environ de liquéfiantes	dont la moitié environ de liquéfiantes	dont un cinquième environ de liquéfiantes

Nota. — Les résultats chimiques sont exprimés en milligrammes par litre.

A côté de ces résultats analytiques, il est intéressant de faire figurer ceux de M. le professeur Hanriot sur la même installation de Clichy, en les empruntant au *Bulletin municipal officiel de la ville de Paris* du 26 octobre 1906, page 3510 :

A). — *Prélèvement du 30 juin 1906, 11 heures du matin.*

	Eau d'égout brute	Eau à la sortie des fosses	Sortie des lits filtrants	Épuration
Azote ammoniacal.....	40,70	28,6	11,80	72 0/0
Azote albuminoïde.....	28,10	11,3	6,50	76 0/0
Somme des deux...	68,80	39,9	18,30	
Azote nitrique.....			13,80	
Matières organiques.....	216	28	9	95 0/0
Chlore.....	74	52	50	

B). — *Prélèvement du 7 juillet 1906, 6 heures du soir.*

Azote ammoniacal.....	25,4	28,6	2,9	90 0/0
Azote albuminoïde.....	21,8	10,4	4,4	79 0/0
Somme des deux...	47,2	39,0	7,3	
Azote nitrique.....			4,1	
Matières organiques.....	70,7	40,5	6	91 0/0
Chlore.....	67,4	66	19,8	

C). — *Prélèvement du 18 juillet 1906, 11 heures du matin.*

Azote ammoniacal.....	30,7	28,9	1,1	96 0/0
Azote albuminoïde.....	38,7	11,2	1,5	96 0/0
Somme des deux...	69,4	40,1	2,6	
Azote nitrique.....			34,6	
Matières organiques.....	178,9	36,1	60,3	66 0/0
Chlore.....	66,7	60,3	61,7	

Ces résultats, dont les conclusions sont très favorables, diffèrent parfois un peu des miens. Cela peut provenir des méthodes analytiques employées, de la manière de les évaluer ; mais surtout du fonctionnement irrégulier des nombreux réservoirs de chasse situés sur le parcours de la canalisation parisienne, et qui modifient à chaque instant la composition

des eaux d'égout. D'autre part le bassin d'arrivée de l'installation de Clichy est un peu petit pour permettre d'y prélever un bon échantillon moyen.

Nota. — Pour éviter les causes d'erreur provenant d'une dilution de l'eau des bassins filtrants, survenant à la suite d'une forte pluie, je crois bon d'ajouter que j'ai toujours eu soin de prélever mes échantillons autant que possible par temps sec.

Enfin, pour compléter ces renseignements analytiques, il y a également lieu d'indiquer les résultats publiés sur les mêmes eaux, par les services chimique et micrographique de la Ville de Paris, avant et après traitement par les champs d'épuration : *Annales de l'Observatoire Municipal de Montsouris*, année 1904, tome V, pages 85-86 pour la bactériologie et 387-389 pour la chimie :

Moyennes décennales (en mgrs par litre).

	Résidu sec à 180°	Chlore	Chaux totale	Matière organique	Azote organique	Azote ammoniacal	Azote nitrique	Teneur en bactéries par cent. cube
A) <i>Eau d'égout brute.</i> — Bassin de dégrossissage de Clichy.....	595	52	168	35,2	7	15,7	2,7	17.760.000
B) <i>Même eau épurée, prélevée aux drains des Grésillons.</i> — Région de Gennevilliers.....	1036	74	306	1,2	0	0	24	De 1730 à 8930, dans les divers drains de la presqu'île de Gennevilliers.

ROLE DES BACTÉRIACÉES DANS L'ÉPURATION BIOLOGIQUE INTENSIVE DES EAUX D'ÉGOUT. — ACTION DES DIASTASES OU FERMENTS SOLUBLES. — TRAVAIL D'UNE FOSSE SEPTIQUE COUVERTE. — TRAVAIL D'UN LIT BACTÉRIEN DE PREMIER CONTACT.

Rôle des bactériacées dans l'épuration biologique.

L'épuration biologique intensive des eaux d'égout par les microbes se rattache au procédé général employé par la nature pour restituer au règne minéral les éléments de la matière vivante.

Grâce à la multiplicité et à l'ubiquité des germes, toute substance organisée qui tombe dans l'eau devient vite la proie des microorganismes les mieux faits pour en tirer parti ; et aucun procédé artificiel d'épuration ne peut réaliser aussi complètement et aussi vite la transformation de masses considérables de matières organiques en les convertissant intégralement en composés gazeux et produits minéraux solubles : Azote, hydrogène, gaz des marais, acide carbonique, ammoniaque libre et saline ; nitrates.

Le travail des microbes, même les plus virulents et les plus mal odorants, est avant tout un travail de purification ; et pour arriver à épurer une eau ; une bonne invasion de germes vaut beaucoup mieux qu'une précipitation chimique ou une filtration poreuse. Quand quelques générations de ferments y ont collaboré ou s'y sont succédé, la matière organique a été brûlée et a pris des formes plus simples. L'azote albuminoïde a disparu pour faire place à l'azote ammoniacal, lequel à son tour a été remplacé par l'azote nitrique. A ce moment, l'eau

est limpide et ne contient plus que des espèces banales ou des saprophytes peu actifs. Si elle n'est pas encore potable pour l'homme, elle peut déjà nourrir des diatomées, des algues microscopiques, et, en général, tous les végétaux inférieurs qui ont la faculté de créer leur matière vivante aux dépens de l'acide carbonique, de l'ammoniaque saline et des nitrates.

Sur les lits bactériens de mâchefer et dans les rigoles d'écoulement de l'installation de Clichy, j'ai constaté la présence de nombreuses algues unicellulaires vertes et de diatomées diverses qui jouent peut-être un rôle dans l'épuration finale, mais dont le pouvoir dénitrifiant est considérable, puisqu'ils peuvent faire passer en quinze heures de 34 milligrammes à 6 milligrammes, les nitrates contenus dans l'effluent du lit de contact. L'action dénitrifiante de ces organismes inférieurs se traduit donc par une consommation d'azote des nitrates pour les besoins de leur nutrition.

Pour vivre et se développer, les microorganismes appelés *anaérobies*, pour la plupart facultatifs, empruntent l'oxygène dont ils ont besoin à la matière organique en disloquant sa molécule, mais la présence de l'oxygène de l'air n'exerce pas d'influence apparente sur leur activité, et cela nous est prouvé par les résultats des actions vitales des fleuves, champs d'épandage, filtres à sable, fosses septiques ouvertes et bassins ou cuves de fermentation recevant des eaux d'égout.

Les fonctions vitales des bactéries sont fort complexes et très difficiles à saisir. Leur substance protoplasmique est un véritable laboratoire où des éléments inassimilables subissent les modifications nécessaires pour pouvoir être utilisés par la cellule vivante.

Pour assurer les actes digestifs et nutritifs, ce protoplasma sécrète notamment des diastases ou ferments solubles dont on peut constater la présence dans les eaux d'égout à toutes les périodes d'épuration ; mais surtout dans l'effluent de la fosse septique.

On peut utiliser pour cela la teinture de gaïac et l'eau oxygénée qui donnent de légères teintes bleues fugaces ; ou mieux

l'eau distillée saturée de gaïacol cristallisé, additionné également d'eau oxygénée. Dans ce dernier cas, on obtient une coloration rose-brun beaucoup plus accentuée, mais aussi beaucoup plus lente à se produire.

Ces diastases qui ont, comme on sait, une puissance illimitée, peuvent agir à des doses infinitésimales sans se détruire en produisant des effets considérables.

Elles jouent certainement un rôle important dans l'épuration des eaux en continuant l'action des microbes chaque fois que le milieu se modifie ou devient trop chargé de toxines microbiennes; mais malgré les belles recherches de Schoenbein, Bourquelot, Bertrand, Lépinois, Marchadier, etc., il reste encore beaucoup de points obscurs dans leur histoire.

On sait bien aujourd'hui qu'il y a des ferments solubles différents, susceptibles d'agir sur les hydrates de carbone, de décomposer les glucosides, de saponifier les substances grasses, de coaguler ou de dédoubler les matières albuminoïdes, enfin d'hydrater, d'oxyder et de réduire une grande quantité de corps.

En général, les bactéries demandent l'azote qui leur est nécessaire aux matières albuminoïdes et dérivés, comme les peptones, composés ammoniacaux et nitrates.

Le carbone et l'hydrogène sont pris dans les matières organiques azotées et aussi dans les substances hydro-carbonées : amidons, sucres, alcools, acides gras.

Essayons maintenant de préciser les conditions dans lesquelles s'accomplissent les transformations des substances organiques ternaires pour passer ensuite à celles plus compliquées des matières azotées, albuminoïdes ou quaternaires.

Désintégration des matières organiques ternaires ou hydrocarbonées.

Parmi les substances organiques ternaires, formées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, les plus simples sont évi-

demment les sucres, dextrines, alcools et acides organiques. Ces substances étant solubles, leur transformation en eau et acide carbonique est vite réalisée par les nombreux ferments spéciaux contenus dans les eaux d'égout.

La solubilisation des matières cellulosiques : amidons, feuilles, papiers, est déjà plus difficile et exige le concours de nombreuses espèces anaérobies travaillant en milieu alcalin pour aboutir à la dislocation de la membrane cellulosique et sa transformation en termes plus simples.

Cette fermentation est parfois appelée fermentation forménique, parce que l'un des produits constants est le formène ou gaz des marais CH_4 ; mais cet hydrogène carboné, appelé encore méthane, hydrure de méthyle ou grisou, n'est pas le seul gaz produit, car on y trouve aussi beaucoup d'hydrogène libre et des traces d'acide carbonique.

Désintégration des matières albuminoïdes ou quaternaires.

La désintégration des matières azotées formées de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et presque toujours de soufre, est assez mal connue, au moins dans les premières phases, malgré les remarquables travaux de Schutzenberger sur les albuminoïdes.

Elle exige le concours d'un grand nombre d'espèces aérobies et anaérobies qui opèrent par étapes successives. Dans la seule fermentation ammoniacale de l'urée, Miquel a trouvé : cocci, bacilles et champignons inférieurs.

On admet généralement que chaque groupe microbien agit jusqu'à ce qu'il ait épuisé pour lui le milieu en le transformant en composés chimiques dont il ne s'accommode plus. D'autres catégories de microbes poursuivent le travail commencé par leurs prédécesseurs et ainsi de suite ; et toutes ces actions vitales semblent marcher parallèlement en s'enchevêtrant les unes dans les autres.

Envisagées dans leur ensemble, les actions microbiennes de la putréfaction des substances quaternaires peuvent se diviser

en trois phases : dans la première interviennent les aérobies qui consomment l'oxygène libre de la substance albuminoïde et préparent le terrain aux anaérobies dont le rôle consiste à liquéfier les albuminoïdes en en poussant très loin la transformation et en déterminant des dégagements gazeux d'azote libre, d'hydrogène libre, d'acide carbonique et de gaz mal odorants. Enfin, dans une dernière phase, les aérobies oxydent les produits des fermentations précédentes.

Pour rester dans le domaine des faits nettement constatés, nous nous bornerons à indiquer sans commentaires les étapes successives de désintégration de la molécule albuminoïde sous l'influence de ferments et de diastases, agissant par dédoublement, hydrolyse et oxydation.

Albuminoïdes.

Peptones.

Acides amidés, acide hippurique, glycocolle, leucine, tyrosine.

Ammoniaques composées, urée, amides, amines.

Azote ammoniacal.

Azote nitrique.

Pour terminer ce rapide aperçu sur le rôle des microbes dans l'épuration bactérienne, il est logique de rechercher ce que deviennent les bacilles suspects à la suite de tous ces passages, et notamment s'ils ont conservé en totalité ou en partie leurs propriétés pathogènes à la sortie de la fosse septique et surtout des lits bactériens; et s'ils peuvent par suite contaminer les cours d'eau dans lesquels on les déverse généralement.

Cette question qui touche à la vie intime des bactéries, à leur passage à l'état de saprophytes, à leur retour possible à la virulence, est bien difficile à préciser dans l'état actuel de la science, car les essais physiologiques par injections intra-péritonéales pratiquées sur des cobayes s'écartent trop de la réalité pour permettre de se prononcer avec certitude. On pourra néanmoins y avoir recours, mais à la condition de ne pas donner à ces essais une portée qu'ils ne peuvent avoir, surtout si les résultats sont négatifs.

Les espèces pathogènes pour l'homme sont en général fort peu résistantes et incapables de conserver leur virulence après un séjour de vingt-quatre heures dans le milieu ammoniacal de la fosse septique, suivi d'une oxydation de plusieurs heures sur un lit bactérien.

Dans l'eau qui sort des filtres de mâchefer, on trouve bien encore des espèces ayant morphologiquement les caractères du coli-bacille, mais les réactions micro-biologiques en sont tellement affaiblies qu'on peut les considérer comme inoffensives et devenues définitivement espèces banales.

Dans ces conditions, plusieurs bactériologistes concluent à l'absence du bactérium coli dans les effluents de la fosse septique et des lits de contact. Pour ma part, j'estime qu'il vaut mieux signaler sa présence, mais en lui attribuant sa véritable signification, ce qui ne peut amoindrir la valeur hygiénique du procédé.

Travail d'une fosse septique couverte « Cameron ».

La fosse septique, que l'on peut considérer comme l'estomac du procédé « Septic tank », a pour rôle de solubiliser les matières organiques en suspension apportées par l'eau d'égout brute.

Cette action dissolvante devient véritablement surprenante au bout de quelques semaines de fonctionnement qu'exigent les bactéries pour atteindre leur maximum d'activité et produire leurs diastases. Les corps les plus disparates qui y entrent en sortent sous forme d'un liquide jaune épais à odeur légèrement sulfhydrique et ammoniacale, dont l'épuration évaluée en une donnée précise comme l'azote albuminoïde varie entre 50 et 65 0/0 selon le réglage à l'entrée et à la sortie (1).

(1) J'enregistre avec plaisir ces constatations devenues banales, parce qu'elles confirment, d'une manière aussi complète que possible, mes recherches de 1894 sur la destruction rapide des peintures, bientôt suivie de piqûres graves des coques, constatées sur les torpilleurs mouillés dans des bassins fermés recevant des eaux d'égout, et agissant par suite comme fosse septique ouverte.

Les incidents parlementaires auxquels mes travaux ont donné lien en 1894, n'auraient donc plus leur raison d'être aujourd'hui. Voir *Journal officiel* des 7 et 9 décembre 1894, pages 2151 et 2157.

La fosse septique n'est donc pas seulement un bon procédé de dégrossissage et de liquéfaction, mais donne aussi une épuration indiscutable.

Cette épuration est également mise en évidence par l'augmentation considérable du chiffre de l'azote ammoniacal et par la production de gaz abondants inflammables. A Clichy on peut recueillir environ 10 mètres cubes de gaz par 100 mètres cubes d'eau d'égout. Avec les 600.000 mètres cubes d'eau d'égout de Paris, on pourrait donc obtenir chaque jour soixante mille mètres cubes de gaz, ce qui ne peut s'appeler une quantité négligeable.

Ces gaz qu'on peut utiliser pour le chauffage l'éclairage présentent la composition moyenne suivante :

Azote	de 38,50 à 60 0/0 en volume.
Hydrogène	de 36,50 à 20 0/0
Méthane ou gaz des marais	de 24,40 à 20 0/0
Acide carbonique . . .	de 0,60 à traces.
	100,00 100,00

Ces fosses septiques peuvent ainsi fonctionner plusieurs années sans aucun dragage des boues résiduelles. Depuis son fonctionnement, qui date de 1902, la fosse septique de Clichy n'a encore subi aucun nettoyage. Au bout de deux ans, le dépôt qui avait atteint une hauteur de 25 centimètres n'est aujourd'hui que de 45 après cinq ans; l'augmentation n'est donc pas proportionnelle et cela provient sans doute de la désagrégation lente de certaines matières minérales. On estime que le nettoyage doit être effectué quand la hauteur des boues atteint 60 centimètres. Ces boues, surtout minérales, sont à peine putrescibles.

Dans une grande fosse septique couverte, la température reste à peu près constante en toute saison, ce qui assure la régularité du travail.

Les gaz qui se dégagent à la sortie sont peu diffusibles et on ne les perçoit plus à quelques mètres de distance.

Jusqu'ici, les installations de ce genre n'ont donné lieu à aucune réclamation motivée.

L'expérience suivante que j'ai décrite en 1895 peut nous donner une faible idée de ce qui se passe dans une fosse septique :

Si l'on ensemence quelques gouttes d'eau d'égout dans un bouillon légèrement alcalin, ce bouillon passe bientôt de l'alcalinité à l'acidité. Parmi les acides produits, on rencontre non seulement l'acide carbonique provenant des vibrions anaérobies qui cultivent les premiers, mais encore des acides capables de décomposer le carbonate de chaux. Au bout de quarante-huit heures au plus, le bouillon qui paraît avoir atteint son maximum d'acidité, change brusquement de nature, il prend d'abord une belle teinte fluorescente verte. A partir de ce moment, la réaction marche rapidement vers l'alcalinité par suite de la transformation ammoniacale des matières organiques du bouillon sous l'influence de divers ferments et notamment de ceux de l'urée contenus dans les eaux d'égout. Au laboratoire, la transformation s'arrête là, car le milieu est trop riche pour permettre le développement des ferments de la nitrification.

Dans la fosse septique, il ne faut pas attendre l'épuisement complet du milieu par les bactéries pour y introduire de nouveaux matériaux à transformer; car on arriverait vite à diminuer leur activité, et par suite le travail microbien serait moindre.

L'expérience démontre que pour des eaux d'égout moyennes comme celles de Paris, un séjour de dix-huit à vingt-quatre heures dans la fosse septique donne les meilleurs résultats ; mais ce temps varie avec la nature des eaux à épurer et nécessite une détermination spéciale pour chaque installation.

L'azote albuminoïde n'a pas encore entièrement disparu, mais la proportion d'azote ammoniacal produite est celle qui convient le mieux pour le travail des lits bactériens d'oxydation.

Travail d'une petite fosse septique.

Dans les petites fosses septiques des systèmes Mouras et Bezault, le travail microbien est exactement le même ; mais le chiffre d'ammoniaque libre et saline peut y devenir beaucoup plus élevé si les liquides ne sont pas suffisamment

En général, les eaux ménagères et de lavage suffisent à assurer le fonctionnement d'une telle fosse, qui offre l'avantage de n'envoyer à l'égout que des liquides d'un écoulement très facile dans les canalisations, et ayant déjà subi une proportion d'épuration très sensible, permettant de rendre suffisamment inoffensifs les liquides des fosses d'aisances, de façon à ce que leur écoulement à l'égout n'offre pas d'inconvénients. Comme les tubulures d'arrivée et de sortie plongent constamment dans le liquide, il y a suppression des odeurs, et la condition principale qui interdit la communication de l'atmosphère des égouts avec celle des habitations est donc bien remplie.

Ces fosses, adaptées aux habitations rendent en outre des services dans l'hygiène de la ville en diminuant sensiblement les mauvaises odeurs qui se dégagent fréquemment par les bouches d'égout. Enfin elles facilitent l'épuration par les champs d'épandage ou traitement bactérien final ; et à ce titre, les municipalités auxquelles la législation actuelle n'impose un système plutôt qu'un autre, autorisent et conseillent ce procédé peu onéreux.

M. Parisot, membre du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine, chargé d'établir un rapport sur les installations de fosses septiques avec déversement dans les égouts des liquides en provenant, déclarait en juin 1906, à la suite d'une longue enquête sur place, qu'il n'y a aucun danger à évacuer l'effluent des fosses septiques dans les égouts, car l'odeur était imperceptible et la clarification du liquide presque parfaite. Les agents de toute catégorie travaillant dans les égouts recevant les liquides des fosses septiques

n'ont jamais été incommodés et n'ont pas constaté d'odeur infectieuse spéciale.

Dans une seule école où la fosse recevait beaucoup d'urine et peu de matières fécales, M. Parisot remarqua la présence d'une forte odeur ammoniacale persistante. Dans ce cas, il suffit de diluer pour supprimer cet inconvénient.

Une réglementation fixant les conditions dans lesquelles on pourra utiliser les fosses septiques ou autres appareils analogues installés dans les habitations est actuellement à l'étude pour le département de la Seine.

Enfin, en mai 1906, une commission d'experts, composée de MM. Chautard, professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, Hutteau, ingénieur, et Desgrez, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, nommée à propos d'une contestation survenue à Romilly-sur-Seine (Aube), concluait que ces fosses septiques ne peuvent contaminer les eaux de la craie de la nappe d'eau souterraine de la région, qu'on peut les considérer comme ne constituant aucun danger pour la santé publique et qu'elles remplissent bien les conditions d'hygiène et de salubrité voulues par la loi.

En résumé, dans les petites fosses septiques dont il a été beaucoup question dans ces derniers temps, l'épuration s'arrête à la nitrification exclusivement ; mais si l'on tient compte des liquides généralement plus concentrés qu'elles reçoivent, on remarque que leur travail est exactement celui de la grande fosse septique Cameron, avec une proportion d'ammoniaque beaucoup plus grande.

Elles solubilisent bien les matières excrémentielles solides en les transformant en un liquide d'un écoulement facile.

Elles assurent la dégradation de la matière organique en faisant passer la majeure partie de l'azote albuminoïde à l'état d'azote ammoniacal ; c'est-à-dire à une forme plus simple et moins nocive ; et selon les dilutions, elles donnent une épuration chimique qui varie entre 40 et 60 0/0.

Au point de vue bactériologique, l'épuration est également très appréciable, non seulement comme nombre ; mais surtout

comme nature des bactéries éliminées ; car, à part les espèces ordinaires de la fermentation ammoniacale ; bien peu résistent à l'action prolongée d'un milieu aussi riche en ammoniacque.

On trouve bien encore à la sortie quelques colonies peu vigoureuses de coli-bacille à développement tardif, et à réactions microbiologiques très atténuées, qu'il est bon de signaler.

Travail des lits bactériens.

Le travail des lits bactériens est avant tout un travail de nitrification, mais la transformation des matières azotées qui ont échappé à la fosse septique s'y continue fort bien pour se terminer généralement dans le premier lit de contact.

L'oxydation de l'ammoniaque et sa transformation en azote nitrique s'effectue par le concours des deux bactéries découvertes en 1890 par Winogradsky.

Dans la première phase, l'ammoniaque devient nitrite sous l'influence d'une belle bactérie ovale, ciliée, en zooglées. Cette bactérie nitreuse a été nommée *nitrosomonas* ou *nitrosococcus* suivant la forme en monade ou en coccus qu'elle peut présenter.

Dans la seconde phase, le nitrite formé est transformé en nitrate par le ferment nitrique ou *nitrobacter*. C'est une bactérie très petite, allongée, formant des amas plus ou moins denses sous le microscope.

Au laboratoire, les deux phases de la nitrification sont successives ; mais dans la nature, l'étape nitreuse est peu accusée en raison de la transformation des nitrites en nitrates au fur et à mesure de leur formation ; et dans l'effluent des lits bactériens, les nitrites sont toujours en proportion très faible par rapport aux nitrates qui représentent les termes ultimes d'oxydation ou de combustion des albuminoïdes.

Les ferments de la nitrification se développent mal lorsqu'il reste trop de matières organiques dans l'effluent provenant de

la fosse septique et les gelées animales minéralisées constituent leur milieu nutritif de prédilection.

Les froids de l'hiver paralysent un peu leur action.

Il en est de même lorsque l'effluent de la fosse septique contient une trop forte proportion d'ammoniaque. Une quantité comprise entre 20 et 30 milligrammes par litre convient très bien en pratique. Au-dessus il faudrait diluer ou se servir d'un second contact.

Le développement des ferments nitreux et nitrique s'effectue naturellement sur les scories de mâchefer qui leur assure un support de prédilection; mais pour gagner du temps au début d'une installation, on fera bien d'ensemencer avec quelques scories ayant déjà servi aux mêmes usages, et arroser le tout avec le liquide établi par Omeliansky pour les isoler.

Liquide pour ferment nitreux :

Sulfate d'ammoniaque.	2 gr.
Chlorure de sodium	2 gr.
Phosphate de potasse.	1 gr.
Sulfate de magnésie	0.50
« ferreux.	0.40
Carbonate de magnésie en suspension	0.50
Eau distillée.	1 litre.

Au bout de quelques jours, on complétera par l'emploi du liquide de culture pour ferment nitrique :

Nitrate de soude	1 gr.
Carbonate de soude	1 gr.
Phosphate de potasse.	0.50
Chlorure de sodium	0.50
Sulfate ferreux.	0.40
Sulfate de magnésie	0.50
Eau distillée.	1 litre.

Dans l'évacuation rapide du contenu des lits, l'eau épurée

entraîne forcément de grandes quantités de ferments de la nitrification ; mais cela ne peut que contribuer à l'assainissement des cours d'eau dans lesquels on déverse l'eau épurée.

En pratique, on se contente souvent d'un seul lit de contact ; mais l'emploi d'un second lit est à recommander si l'on a besoin d'une épuration chimique et bactériologique très avancée.

Le temps de séjour dans les lits de contact est généralement de deux heures ; mais ce temps varie selon la nature des eaux à épurer, ce qui nécessite une étude spéciale pour chaque installation.

Au sortir des filtres, l'eau épurée ne donne plus la réaction des ptomaines, et doit être très peu toxique, car les poissons rouges qu'on impose parfois comme moyen de contrôle, y vivent sans paraître incommodés.

Pour terminer cette étude physico-chimique sur le procédé « septic-tank », je vais consacrer quelques lignes aux expériences de Lille, en donnant mon opinion personnelle sur les premiers résultats publiés et la valeur de la méthode employée ; car mon silence à leur égard pourrait être mal interprété.

1° Les recherches entreprises par l'Institut Pasteur de Lille comprennent bien toutes les déterminations à effectuer, et pourront rendre plus tard de grands services.

2° Plusieurs des méthodes analytiques employées sont longues ou d'une exécution difficile et ne permettent pas toujours un contrôle rapide indispensable de la marche de l'épuration.

3° En traitant des eaux résiduaires contenant une forte proportion d'eaux industrielles, M. Calmette se trouve placé dans des conditions particulièrement difficiles qu'on ne rencontre pas ordinairement dans la pratique courante.

4° L'emploi d'une fosse septique ouverte avec cloisons incomplètes ou *chicanes* troublant constamment le travail régulier de la fermentation, est une idée peu heureuse, et qui donne à bref délai des résultats défavorables quand on passe dans le domaine de la pratique.

Dans une installation de ce genre fonctionnant depuis trois

mois et dont l'épuration apparente laissait à désirer, j'ai constaté que l'eau prise à la sortie du filtre, comparée à l'eau d'égout brute, n'avait subi qu'une petite épuration par suite d'un travail manifestement insuffisant de la fosse septique.

La transformation de l'azote albuminoïde en azote ammoniacal était très incomplète ; et les lits bactériens colmatés par excès de matières organiques non dégradées, ne produisaient plus les nitrates qui doivent constituer le dernier terme de l'épuration biologique.

Tout cela prouve une fois de plus que les résultats obtenus sont bien sous la dépendance du dispositif adopté ; et que les essais d'une station expérimentale ont besoin d'être confirmés par la pratique réelle.

APPLICATIONS DU PROCÉDÉ « SEPTIC TANK »

CONCLUSIONS

Le procédé d'épuration biologique que je viens de décrire en insistant sur la nécessité de l'établir sur des bases scientifiques qui seules permettent d'en assurer le bon fonctionnement, peut donc rendre les plus grands services à la cause de l'hygiène, en permettant d'épurer très facilement, rapidement et sur un espace très restreint les eaux résiduaires du « tout à l'égout » des villes, et cela en atteignant un degré d'épuration chimique et bactériologique très satisfaisant, qui varie entre 80 et 90 0/0, et qui peut même être poussé plus loin en multipliant les contacts.

On peut dire de ce mode d'épuration qu'il constitue bien la base fondamentale de l'hygiène, puisqu'il s'applique aux agglomérations grandes et petites, assure la protection des cours d'eau, et la non-contamination des nappes aquifères d'alimentation.

En France, sa généralisation marche plus péniblement qu'à l'étranger, mais l'exemple qui vient d'être donné par le département de la Seine contribuera certainement à sa propagation. On sait, en effet, que dans sa séance du 5 juillet 1905, le Conseil général de la Seine a adopté l'épuration bactérienne des eaux d'égout et a voté les crédits nécessaires pour l'application des procédés biologiques à 10.000 mètres cubes d'eau d'égout provenant d'Ivry et de Vitry. Cette installation, qui aura lieu à Créteil est décidée en vue de l'assainissement de la Marne et de la Seine dans la traversée du département.

L'application de cette méthode d'assainissement à tous nos

ports métropolitains et coloniaux, où l'état sanitaire laisse trop souvent à désirer, rendrait donc les plus grands services.

Dans la grande majorité des cas, le rejet à la mer des matières excrémentielles solides est, en effet, une solution dangereuse et malpropre ; car ces résidus de la vie, sous l'action des vents et du jeu des marées, reviennent facilement s'échouer sur le rivage, où ils ne tardent pas à entrer en fermentation putride.

J'ai signalé autrefois la contamination des huîtres rassemblées dans des parcs situés dans le voisinage des bouches d'égout, ainsi que les dommages non négligeables causés à notre matériel naval mouillé dans les bassins fermés de nos arsenaux où arrivent chaque jour les déchets de la vie de plusieurs milliers de marins et ouvriers.

Tous ces inconvénients pourraient être facilement évités aujourd'hui par un traitement bactérien automatique très simple et peu onéreux.

Applications industrielles et agricoles.

L'épuration biologique peut aussi être appliquée aux eaux résiduaires industrielles et agricoles, à la condition de bien connaître la composition moyenne des eaux à traiter en vue de fixer le meilleur dispositif à adopter.

Les indications de l'analyse chimique pourront être complétées utilement par l'essai pratique suivant :

Dans un flacon à parois résistantes, à large ouverture et bouchant à l'émeri, on introduira en faisant le plein un échantillon moyen de l'eau résiduaire dont on notera la réaction.

Si au bout de huit jours d'incubation à température ordinaire, on constate une réaction acide, un dégagement de gaz mal odorants de la putréfaction, comprenant des acides gras volatils ; cela voudra dire que le passage en fosse septique devra être très court, et qu'il faudra insister surtout sur les lits de contact.

Dans ce cas le mélange d'eaux vannes excrémentielles favorisera grandement le travail de la fosse septique, en apportant aliments et germes de la fermentation ammoniacale.

Si, au contraire, la réaction devient alcaline, le passage d'environ 24 heures en fosse septique donnera les meilleurs résultats.

Quand les eaux à traiter seront franchement acides, on les neutralisera tout d'abord par addition de chaux. On enlèvera aussi mécaniquement les graisses chaque fois que la chose sera possible.

Les principales industries que le problème de l'épuration préoccupe sont : Brasseries, laiteries, tanneries, filatures, sucreries, abattoirs.

Nous allons indiquer sommairement la marche à adopter dans chaque cas particulier.

Eaux de brasseries. — Ces eaux contenant déjà des substances en fermentation, leur séjour dans la fosse septique pourra être très diminué. On pourra y joindre des matières excrémentielles pour contrebalancer l'action des antiseptiques que ces eaux contiennent souvent.

La fosse septique devra être égale à environ la moitié du volume total.

L'effluent passera ensuite sur des lits bactériens de premier contact et enfin sur des lits de percolation continue avec distribution par gouttelettes par « sprinklers ».

Eaux de laiteries. — Ces eaux sont souvent très riches en matières azotées et en sucre de lait, dont la décomposition spontanée se révèle par des dégagements gazeux à odeur putride. Pour éviter les inconvénients d'un pareil voisinage, il est donc utile de les épurer.

On enlèvera tout d'abord mécaniquement les graisses qu'elles peuvent contenir. On fera ensuite passer les liquides dans une petite fosse septique de dimensions réduites, à peu près égale au tiers du volume journalier, ensuite sur un aérateur

et enfin sur deux séries de lits filtrants bactériens de premier et du second contact.

Même dispositif pour filatures et tanneries

Eaux de sucreries. — Ces eaux qui proviennent du lavage des betteraves et du matériel sont très riches en matières hydrocarbonées et se putréfient très vite par fermentation anaérobie, avec formation d'acides lactique, acétique, butyrique, carbonique, dont l'ensemble est très mal odorant.

Le passage en fosse septique, qui développerait cette putréfaction, n'est donc pas recommandable. L'expérience a d'ailleurs démontré que les lits aérobiez suffisent pour l'épuration de ces eaux.

On pourra employer :

- 1° Des lits filtrants bactériens de premier contact.
- 2° — — — de second contact.
- 3° — — — à percolation continue.

Pour ces derniers, il sera de beaucoup préférable d'employer le mode d'aspersion à la surface par sprinkler fixe ou sprinkler rotatif distribuant en gouttelettes.

Eaux d'abattoirs. — Ces eaux, qu'on considère comme très difficiles à épurer, renferment une grande proportion de matières azotées albuminoïdes et des substances grasses.

Si elles sont concentrées, on fera une précipitation par l'alun suivie d'une décantation; mais si elles sont diluées par les eaux de lavage, on pourra se contenter de deux décantations sans précipitation chimique et un trop plein pour le cas de gros orages.

Après passage ordinaire en fosse septique avec mélange si possible des produits des cabinets d'aisances qui apportent les ferments de désintégration qui leur manquent, on fera passer l'effluent de la fosse septique sur des lits filtrants de premier et de second contact. Enfin, suivant le degré d'épuration que l'on voudra atteindre, on pourra envoyer les liquides sur un filtre à percolation continue avec distribution régulière et sous forme de pluie.

Je termine ici cette étude d'ensemble dans laquelle je me suis efforcé :

1° De faire connaître un procédé d'épuration biologique des eaux résiduaires appelé à prendre chez nous la même extension qu'à l'étranger ;

2° D'établir les méthodes analytiques les plus pratiques pour en assurer la marche régulière et le contrôle scientifique rapide ;

3° De donner aux résultats analytiques l'interprétation qui me paraît la plus logique ;

4° D'indiquer les mesures à prendre pour obtenir le maximum d'épuration.

Puissent mes efforts éviter des tâtonnements longs et pénibles aux praticiens appelés à traiter cette importante question d'hygiène.

Vu, bon à imprimer :

Le Président,

C. SIGALAS.

Vu : *Le Doyen,*

A. PITRES.

Vu et permis d'imprimer :

Bordeaux, le 4 Janvier 1907.

Le Recteur de l'Académie,

R. THAMIN.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
INTRODUCTION	1
HISTORIQUE DE L'ÉPURATION BIOLOGIQUE	4

PREMIÈRE PARTIE

Étude physique et mécanique du procédé « Septic Tank ».	9
Bassin de décantation.	10
Fosse septique « Cameron »	10
Petites fosses septiques pour épuration domestique des eaux vannes	12
Lits bactériens	16
Appareils de distribution.	20
Filtration continue ou percolation	21

DEUXIÈME PARTIE

Étude chimique et bactériologique du procédé « Septic Tank ».	
Considérations générales sur les eaux d'égout	27
Analyse chimique et bactériologique des eaux d'égout.	31
Résultats analytiques	43
Rôle des bactériacées dans l'épuration biologique intensive des eaux d'égout.	47
Action des diastases ou ferments solubles	48
Travail d'une grande fosse septique couverte « Cameron »	52
Travail des petites fosses septiques	55
Travail d'un lit bactérien de premier contact	57
 Applications hygiéniques, industrielles et agricoles du procédé « Septic Tank ».	 61
Aux agglomérations grandes et petites, brasseries, lai- teries, sucreries, abattoirs	62
CONCLUSIONS	65

